

화학설비등의 화염방지기술

FLAME PROOF FOR CHEMICAL PLANTS



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전보건연구원
INDUSTRIAL SAFETY AND HEALTH RESEARCH INSTITUTE

머 리 말

화학공업의 급속한 발전으로 인해 장치산업이 거대화되고 있는 현산업에서 가연성 액체, 기체 등의 수송과 충전, 저장 및 생산에서 위험한 폭발성의 가스, 증기 등의 발생은 필수적이다.

따라서 화학공장에서 폭발·폭굉 및 장시간 연소에 대한 일차 및 이차 방호를 위해 화염방지기의 사용은 증가되고 있는 실정이다. 안전한 면과 환경보전을 유지하기 위하여 화염방지기는 플랜트의 방호뿐만 아니라 근로자의 안전측면 즉 재해방지를 위해 그 사용의 증가는 불가피하다. 또한 부적당한 안전기술의 위험성과 낙후된 플랜트의 방호장치 설치의 비용문제는 고려되어야 하며, 하이테크놀로지라고 불리는 현대의 안전에 대한 지식 고취를 위하여 DIN 표준규격과 API 표준규격을 비교하여 화학이나 석유화학공업에 대해 중요한 화염방지분야의 차이점을 검토하였다.

본 자료가 안전한 측면과 환경보호 측면에서 방호기술 자료로 산업안전보건 현장의 실무에 종사하는 많은 분들에게 활용되기를 바랍니다.

1990. 11.

산업안전보건연구원장

차 례

1. 서 론	3
2. 화염방지기의 원리	4
2.1 연소	4
2.2 물질의 분류 — 화염급냉값	13
2.3 DIN과 API STANDARD간의 안전—기술적 차이점	19
3. 화염방지기의 구조와 설계	21
3.1 화염트랩	21
3.2 폭발방지 화염방지기	27
3.3 폭굉방지 화염방지기	29
3.4 장시간 연소방지 화염방지기	30
3.5 동적 화염방지기	40
3.6 습식 화염방지기	42
4. 화염방지기의 사용에 대한 예	43
4.1 프리벤팅	43
4.2 압력/진공 릴리이프 밸브로의 출입 브래딩	44
4.3 여러탱크간의 압력보정에 부가적인 가스치환으로 인한 압력/진공 릴리이프 밸브로의 출입 브래딩	45
4.4 배기가스 방출로서 출입브래딩	47
4.5 블랭킷팅을 위한 아우트브래딩	49

4.6 비상배기와 같은 배기가스 방출, 블랭킷팅을 위한 탱크 출입 브래딩	51
5. DIN과 API STANDARD에 따른 브래딩 장치와 화염방지기의 기본적인 계산법	51
5.1 열흐름 용량	53
5.2 압력차	56
6. 결 론	58

1. 서 론

가연성 액체와 기체의 수송, 충전과 저장, 생산에서는 흔히 위험한 폭발성의 가스/공기 - 증기가 발생한다. 그러므로 여기에 대한 일차 및 이차방호를 위해 포괄적인 안전 측정의 취급과 화염방지기의 적용은 불가결한 것이다.

장치의 적용은 안전과 환경보호 분야에서의 투자를 의미하며, 장치는 플랜트의 방호에 사용된다고 하지만 플랜트뿐만 아니라 플랜트에서 일하는 근로자의 보호 등 모든 것을 방호하는 것이다. 따라서 플랜트의 운전을 더 안전하게 하기 위해서는 화염방지기의 사용에 관해서 더욱 노력해야 할 것이다.

안전법규를 규정하지 않았거나 완화된 국가에서는 생산, 저장과 가연성 액체 및 가스의 수송에 대한 플랜트의 사용자에게 부적당한 안전 기술의 위험과 플랜트에 대한 기술적인 장치는 필수적이다. 더우기 화염방지장치에 투자한다는 것은 바람직하지만 플랜트가 아주 낙후된 상태에서 방호장치를 설치하고자 한다면 비용문제를 고려하여야 한다.

안전에 대한 지식과 환경의 지각은 적어도 하이테크놀리지가 불리는 국가에서는 지난 몇년 동안 아주 많이 증가가 되었다. 유럽 국가에서는 국가의 규정과 일치하지 않았으며, 독일의 경우를 보면 석유화학 혹은 화학플랜트에서 탱크 형태는 독일 표준규정을 따르고 다음에 DIN 표준규격을 단순화하여 설계한 것이라든지 미국의 API 표준규격을 따르는 국제적인 규정과 규격에 따라 설계하였다. 때에 따라서는 그것도 역시 국가 규정이지만 DIN이나 API 표준규격에 모든 것을 적용시켰다.

다음에 관계된 운전과 안전기술 양상은 DIN과 API 표준규격 간의 중요한 차이점에 대한 것이며, 현재까지는 DIN 표준규격하에 놓이게 된 API 표준규격이 강조되었으나 독일에서는 API 안전의 적용을 허용하지 않았다.

여기에 덧붙이면 유럽 국가들은 지난 몇년 동안 API로부터 점점 DIN 표준규격 양상으로 변화를 나타내었다. 따라서 유럽 국가들은 DIN 표준규격을 기초로 하여 국가

의 규정을 확립한다고 볼 수 있다.

따라서 화학이나 석유화학공업에 대하여 중요한 이들 분야에 제한하여 안전과 환경보호 측면의 방호장치인 화염방지장치 및 그 적용성에 대하여 조사하고 검토하였다.

2. 화염방지기의 원리

위험한 폭발성 분위기로의 발전은 생산, 저장, 충전과 가연성액체 및 가스의 수송에서 예측되어진다. 가연성액체에 대하여 이것은 특히 인화점이 최대 조작 가능온도 아래에 놓이게 되면 발생된다. 따라서 폭발에 대한 예방 보호로서 포괄적인 안전측정은 화염방지기의 사용을 포함한 것들이 요구되어진다.

2.1 연 소

생성물 증기 발화의 경우에 각각 가스/공기 혼합물과 현재 조작조건에 따라서 서로 다른 연소공정이 가능하다.

- 외부 대기 폭발 (External atmospheric explosion)
- 내부 폭발(폭연) (Internal explosion)
- 폭굉 (Detonation)
- 장시간 연소상태 (Longburning situation)

따라서 서로 다른 화염방지기가 필요하다.

- 방폭장치 (Explosion proof devices)
- 폭굉방지장치 (Detonation proof devices)
- 장시간 연소방지장치 (Longburning proof devices)

간단한 예를 보면 조작조건은 위험한 폭발성 혼합물의 점화시에 다른 연소공정을 유도할 수 있다.

2.1.1 외부 대기 폭발

저장탱크 충전동안과 기후조건에 따른 폭발성 가스/공기 증기연무가 나타날 수 있다. 이 가스/공기 증기연무가 외부 영향에 의해 점화되는 경우에 있어서 안전장치는 화염과 폭발충격파 양쪽으로 관계되는 탱크방호를 요구한다.

이 공정의 경우에서 외부대기폭발을 대비한 장치를 사용할 때는 화염을 예방한다.
(그림 1 가스/공기 증기 - 운무 점화의 외부대기폭발 참조)

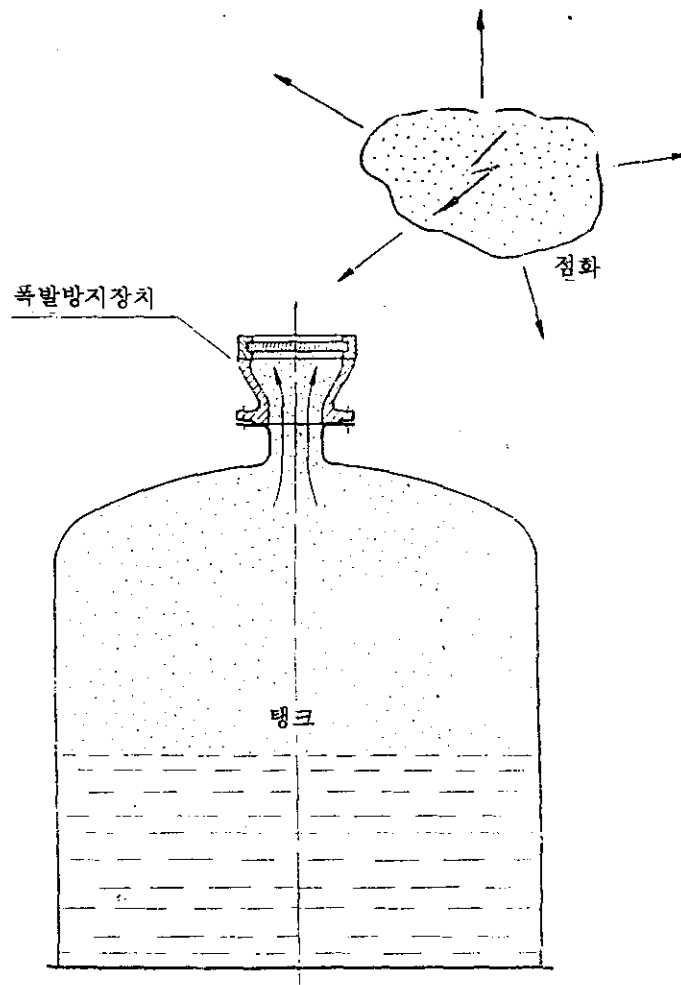


그림 1. 가스/공기 증기-운무의 점화, 외부대기 폭발

2.1.2 장시간 연소상태

장시간 연소시에 나타날 수 있으며 충전동안이나 열영향으로 인하여 아우트브레딩으로 장시간 동안 가스/공기 혼합물이 방출된다면 외부영향 - 즉 낙뢰 혹은 외부대기폭발로 인하여 발화하고 브레딩장치에서 연소된다. 그림 2는 폭발성가스/공기 증기연소의 장시간 연소상태의 경우를 나타내었다.

그러므로 통풍장치가 필요하며, 이 경우 연소는 탱크에서 화염을 예방한다.

더우기 장치는 점화온도까지 높게 가열되지 않고 방호되는 탱크 또한 화염하지 않는 방법으로 설계되어야 한다.

2.1.3 내부(파이프) 폭발

연소성 생성물 증기 점화의 경우에 화염전면 파이프 라인으로 각각 가스/공기혼합물은 미연소 가스를 향해 기하학적으로 파이프를 따라 퍼져있다. 미연소 가스의 체적팽창으로 화염은 가속화되며, 이것은 난류와 연소속도를 증가시킨다. 이 연소 동안에 수백 m/s(500m/s 이상)의 기하학적인 파이프 화염전파속도에 의한 영향을 받으며, 1 바아의 초기압력과 주위온도로 6 - 10 바아 사이의 폭발압력을 나타낼 수 있다. 그것은 압력이 꼭찬 용기내부에서 있을 수 있는 폭발을 예방한다면, 방호되고 압력이 차지 않은 플랜트의 일부로서 발전된다. 방폭장치가 설치되면 폭발중지가 보증되고 폭발의 압력 스트레스에 잘 견딜 수 있다. 그림3은 내부폭발/폭연 파이프라인에서 가스/공기 혼합물의 점화를 나타내었다.

2.1.4 폭굉

매우 긴 파이프라인 내부로 폭발성 혼합물의 점화시에 전면화염은 이 긴 파이프 내부에 충격파로 이어지는 화염효과로 미연소 폭발성 혼합물을 향해 증가된 속도로 전개된다. 이 전파속도가 도달되는 동안에 주위조건에서 미연소가스로 음속값 보다

3배이상 더 커진다.

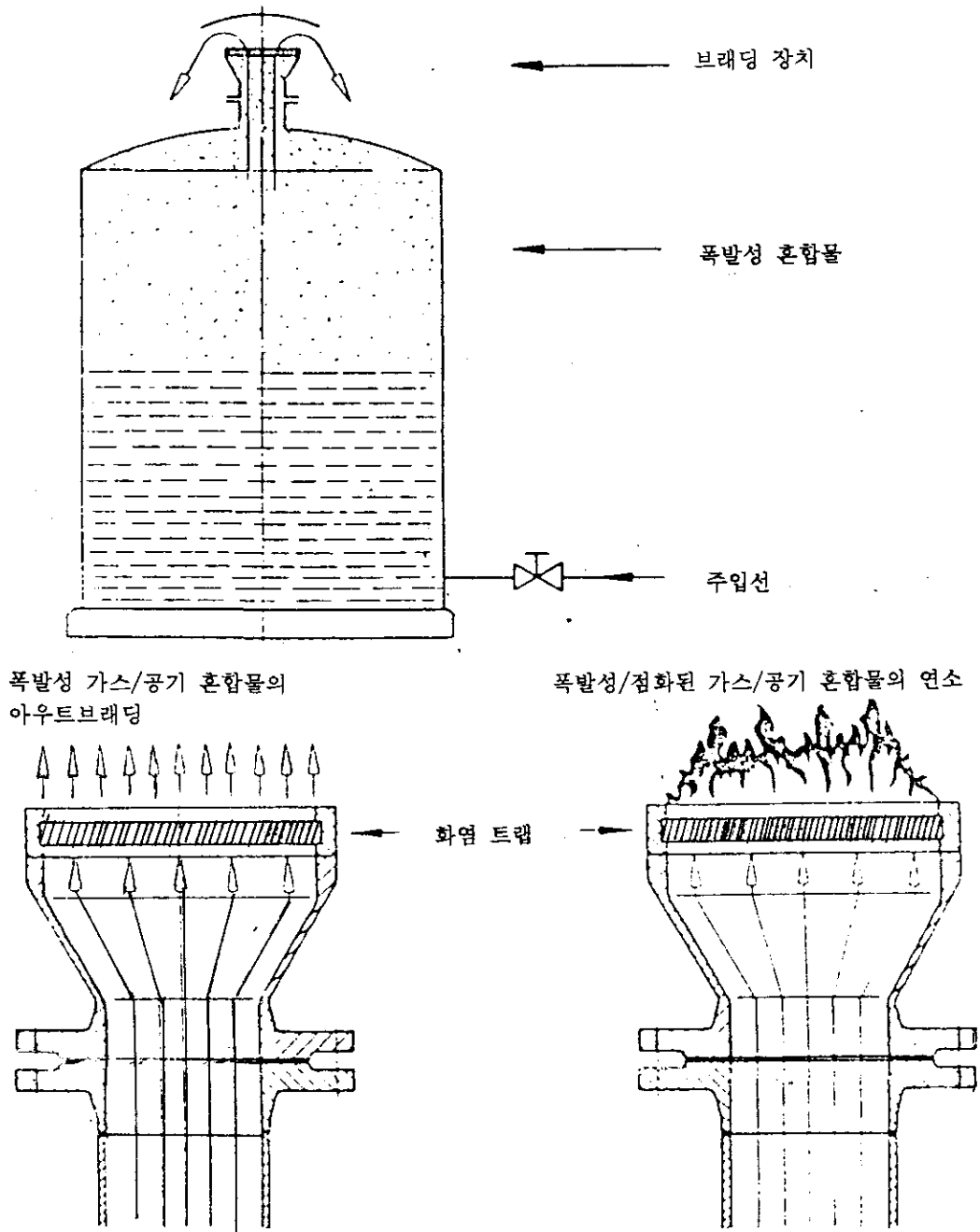


그림 2. 폭발성 가스/공기 - 증기의 연소, 장시간 연소상태

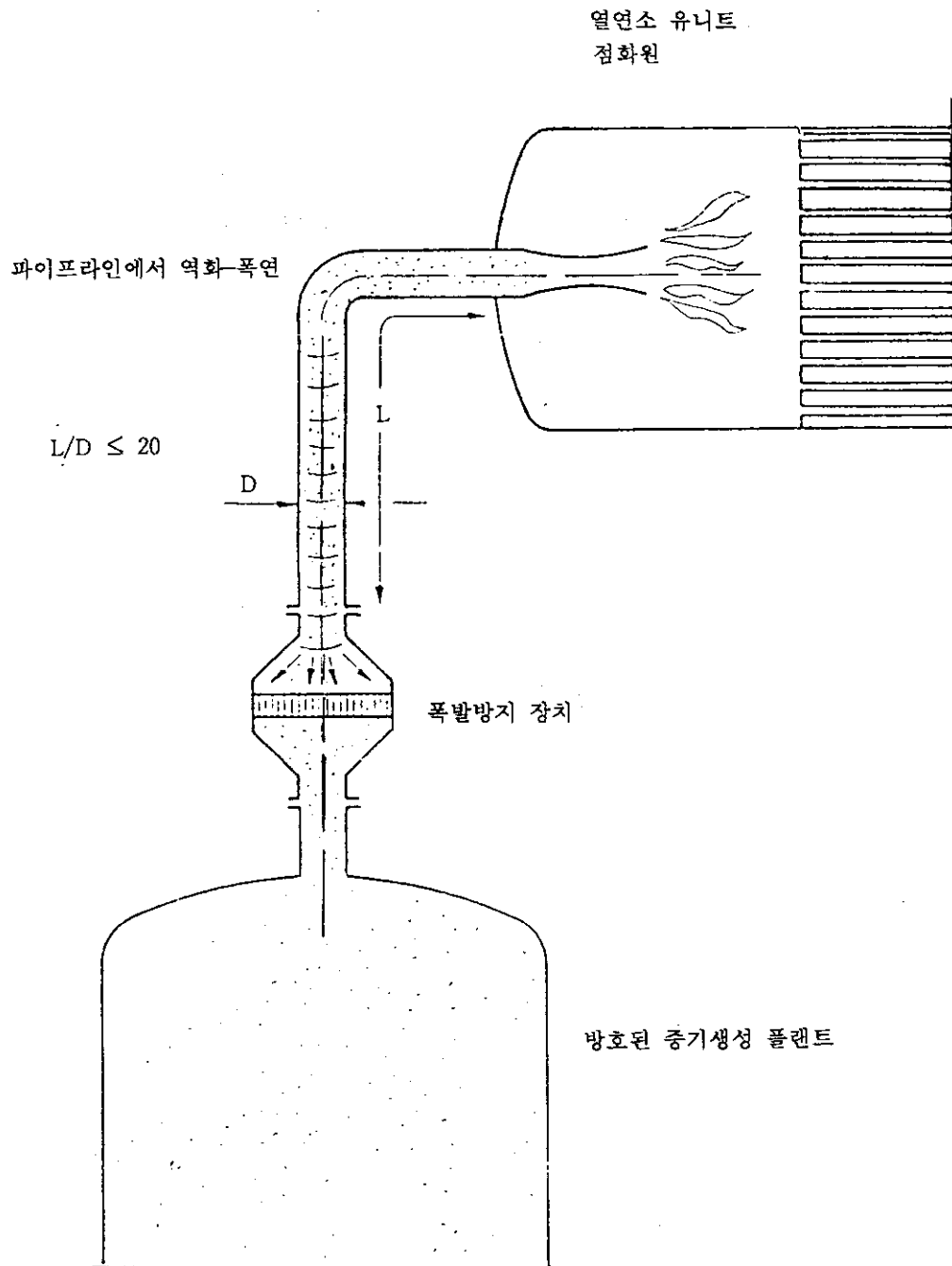
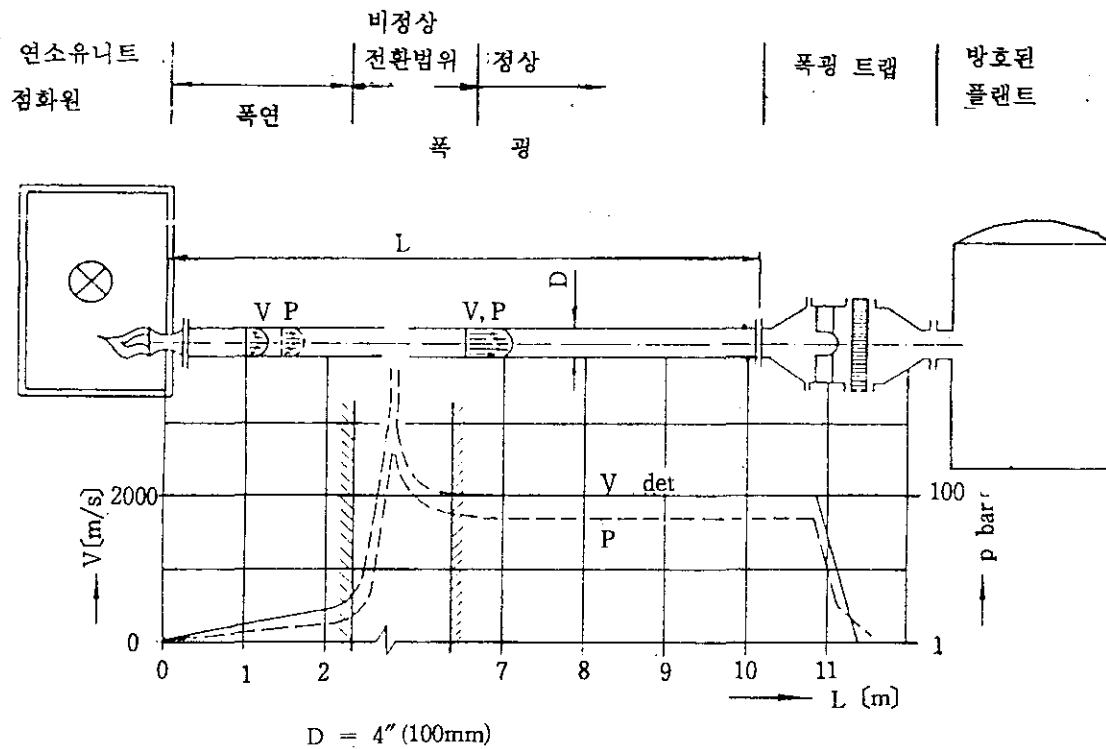


그림 3. 파이프라인 내부폭발/폭연에서 가스/공기 혼합물의 점화

파이프라인의 경계조건-혼합물의 종류, 파이프직경, 파이프길이, 초기압력 및 초기온도 - 에 따라서 한끝을 닫든지 열든지 한다. 폭발은 아주 빠르게 폭굉으로 변환 후에 이 연소동안에 통로를 비교적 짧게 스타트한다. 이 변환점은 언제나 미반응 가스가 자동점화온도로 압출될 때에 도달되며, 폭굉으로서 자동점화에 기인하여 갑자기 연소된다. 하지만 점화 요소로서 적당한 화염전면은 이 영역에 거의 이르지 않으며 전환점의 범위는 비정상폭굉이라 부른다. 이 범위에서 그것은 대단히 높은 화염전과 스피드이다.

이 비정상폭굉은 일정화염 속도로 정상상태폭굉에서 유도되고 이 동안에 약 2000m/s 의 화염전파속도가 일어난다. 압력충격은 가속화된 폭굉파로 향하며 그 효과는 단시간에 80바아 이상의 정응력 평균으로 비교할 수 있다. 그림 4는 가속화된 폭연:폭굉을 나타내었다.

파이프라인에서 가속화된 화염의 전개에 대한 가장 중요한 매개변수와 특히 폭굉의 폭발로부터 변화에 대한 것은 파이프 길이와 파이프 직경 (L/D - 비) 간의 관계이다. 파이프 밴드, 파이프 설비 특히 기관(목) (부분적으로 열린 슬라이드 등)은 “가속화 요소”로서 행동한다. 이들 요소는 폭굉 가능성의 전개를 늦추기 위해서는 필수적으로 파이프 길이를 짧게 한다. 심층조사는 실질적으로 폭굉의 전개를 나타내지만 가능하지는 않다. L/D - 비가 20 보다 적거나 같으면 가장 바람직하지 못한 경우로서 화염전파속도는 약 300m/s 에 달한다. 폭굉의 보다 긴 L/D - 비 전개의 경우도 있을 수 있다. 6"의 공칭 크기 즉 DN 150인 파이프라인을 추정하면 약 3m의 길이 즉 비교적 짧은 파이프라인은 위험한 폭굉을 유도한다는 것이 이미 확인되었다.



V = 화염 스피드

P = 연소된 가스의 팽창에 의해 증가된 압력 (충격파)

그림 4. 가속화된 폭역 : 폭굉

현재 조작조건에 따르고 폭발성 생성물의 점화 가능성에 기인된 각기 다른 연소 공정의 가스/공기 혼합물을 고려하는 것이 가장 중요하다.

- 외부대기 폭발
- 장시간 연소상태
- 내부 폭발
- 폭굉

그러므로 현재 조작조건에서 적절한 화염방지기 패턴선정을 위해 분석해야 한다.

- 장시간 연소방지 장치
- 폭굉방지 장치
- 각각을 결합한 장치

적절한 화염방지기의 올바른 선택은 불가결하다. 왜냐하면 특별한 패턴은 제외하고, 일반적으로 그것들은 단지 언급한 연소공정의 두가지에 관계된 것만 역화 예방을 제공하기 때문이다. 그림 5의 요약은 화염방지기의 분류 및 역화 예방에 대응하는 것을 나타내었다.

장시간 연소방지 장치는 장시간 연소상태의 경우와 동시에 외부대기폭발에서의 역화 예방을 제공한다. 그러나 파이프라인에서 내부폭발의 경우와 폭굉에서는 그렇지 않다. 즉 방폭장치는 장시간 연소 및 폭굉을 방지하지는 못한다.

폭굉방지장치는 폭발의 경우에 역시 역화 예방을 보장하지만 장시간연소상태의 경우에는 그렇지 않다. 실제로 화염방지기는 관 말단(end-of-line) 장치와 관내(in-line) 장치 두 그룹으로 나뉘어진다. 그림 5와 그림 6은 화염방지장치를 요약한 것을 나타내었다.

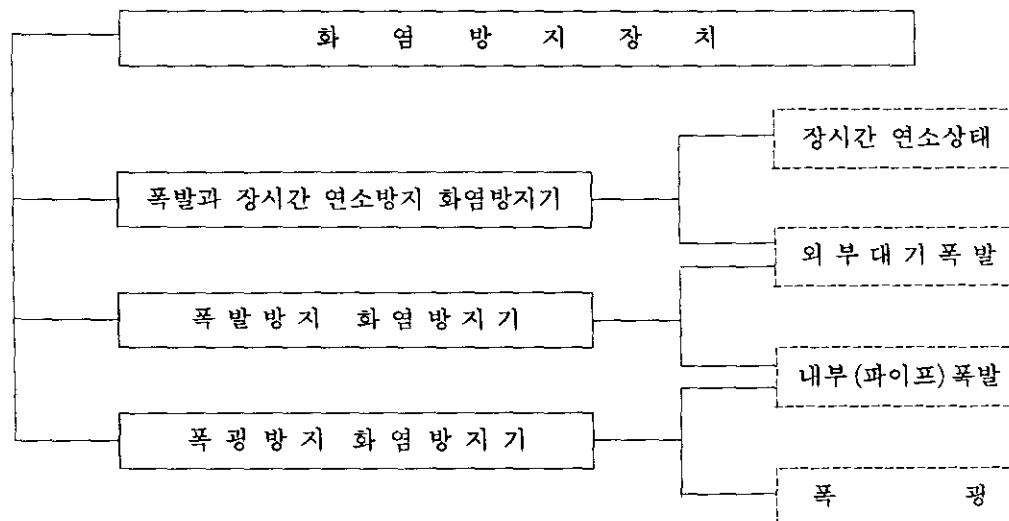


그림 5. 화염방지 장치

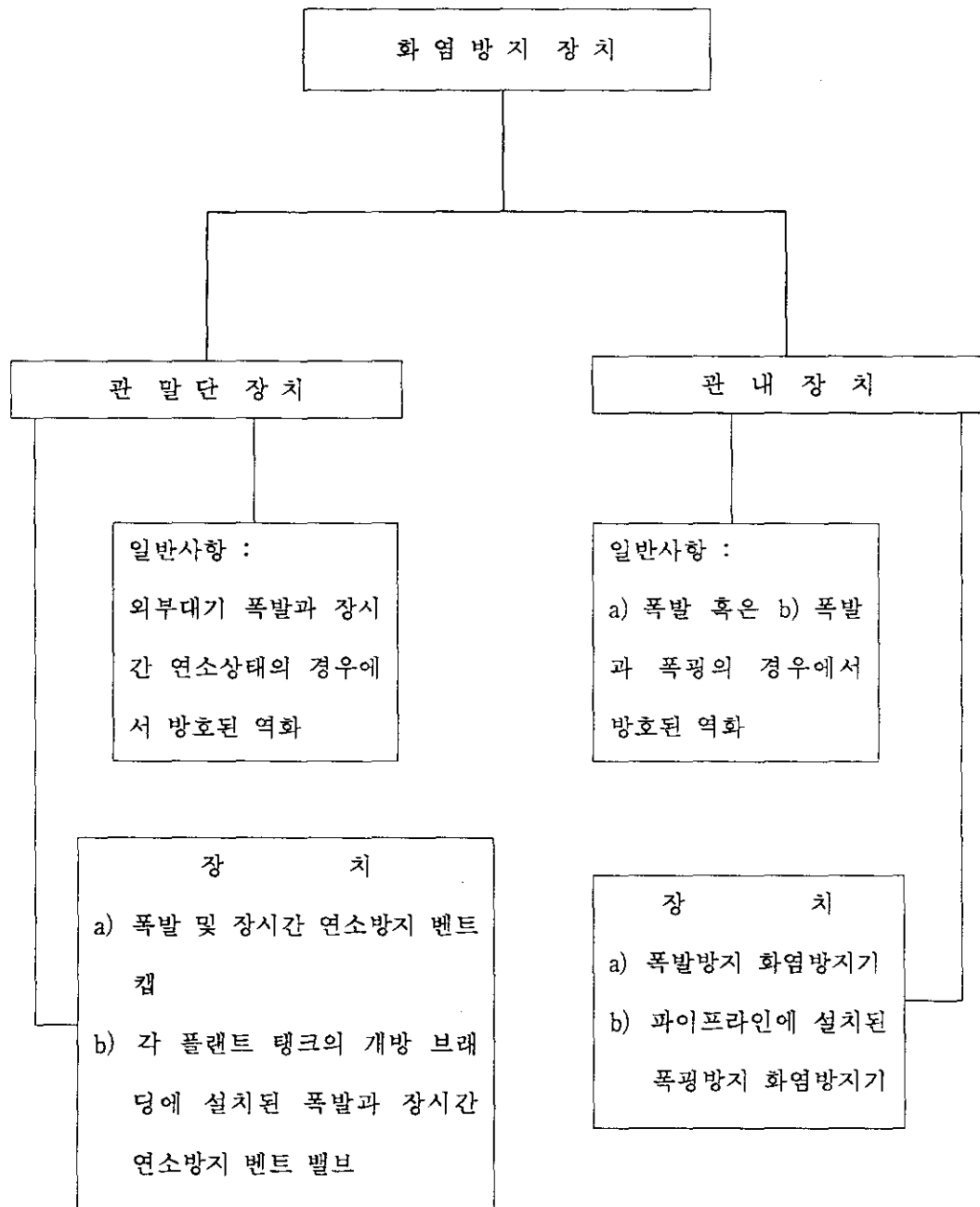


그림 6. 화염방지 장치

A. 관 말단 장치(end-of-line devices)

관 말단 장치는 항상 방호된 탱크의 개방된 끝에 설치된 화염방지기이며 탱크의 개방 배출구에는 배후에 어떤 다른 요소 특히 파이프라인도 없다. 따라서 관 말단 장치는 항상 외부대기폭발과 장시간 연소상태의 경우에서 보증되는 화염 예방을 가진 장치이며 그것들은 다음 형태에 따른다.

- a) 폭발과 장시간 연소방지 벤트 캡
- b) 폭발과 장시간 연소방지 콘즈베이션 벤트
(압력 또는 진공밸브)

B. 관내 장치(in-line devices)

관내 장치는 파이프라인에 각각 설치된 화염방지기이며 파이프라인 배후에 그들을 연결시킨다. 이들 장치는 내부(파이프)방폭이나 폭굉의 경우에 화염을 예방한다.

관내장치 : (a) 방폭장치

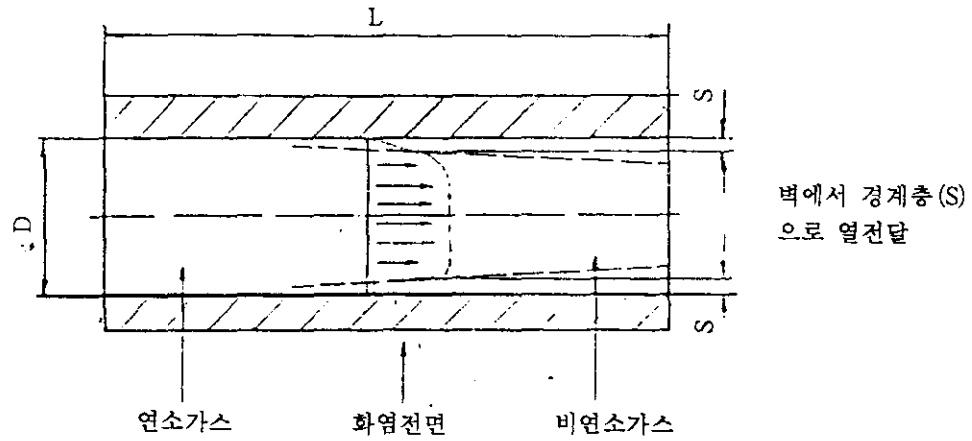
(b) 폭굉방지장치

아주 간단한 실제 예는 현재 조작조건의 고려하에 다른 연소공정의 전개가 가능함을 나타낸다. 그것들은 역시 다른 연소공정에 적절한 다른 화염방지기의 적용이 요구된다. 더욱이 이 물질에 관계된 것은 다른 화염방지기의 설계에서 상세하게 설명된다.

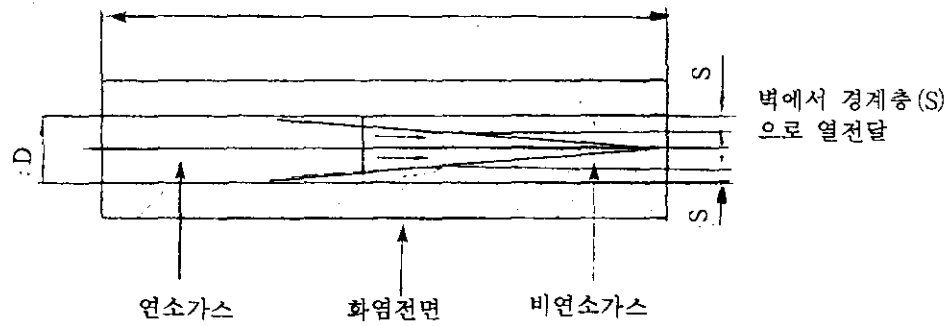
2.2 물질의 분류 - 화염급냉 값

위험한 폭발성 플랜트를 가장 효율적으로 방호하기 위하여 가능한 연소공정(폭발, 폭굉 장시간 연소상태)은 적절한 장치를 사용하기 위해서 중요할 뿐만 아니라 그것이 점화 가능한 생성물 중기/가장 상이한 화염 에너지를 갖는 각각의 기체/공기 혼합물도 고려되어야 한다.

i) $S \ll D/2$ 일 경우



ii) $S \cong D/2$ 일 경우



$S = D/2 \rightarrow$ 화염급냉
 $D =$ 급냉거리

그림 7. 화염 급냉 갭

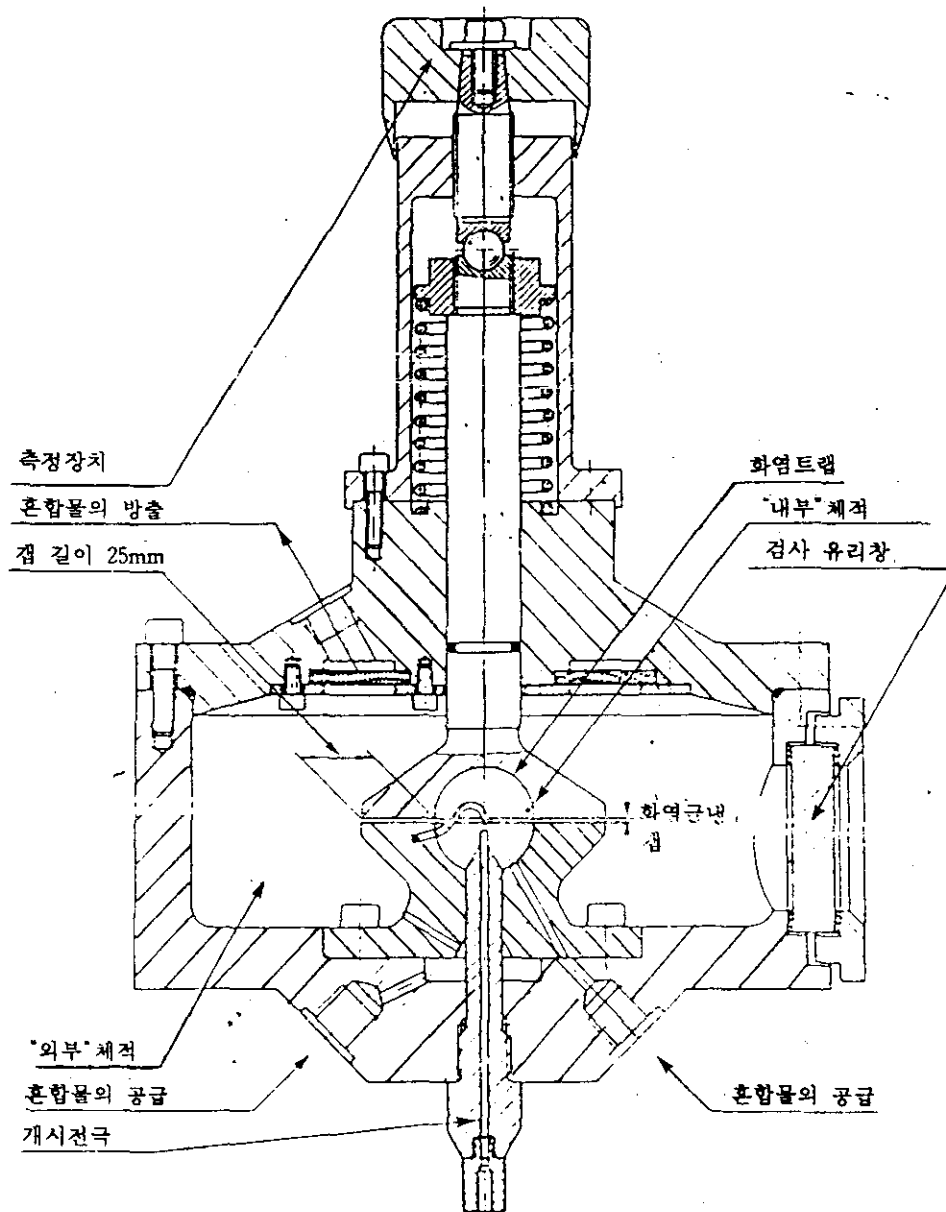


그림 8. PTB의 M. E. S. G. 시험장치

MESG = Maximum Experimental Safe Gap

PTB = German Federal Physical - Technical Institute

이들 화염전파속도는 생성물질의 에너지 내용에 따라 영향을 받으므로 연소압력과 연소온도의 전개는 화학조성에 많이 의존된다. 화염전파는 에너지 소모에 의해 정지될 수 있고, 이 열방출 동안에 점화온도 이하로 점화된 기체온도를 감소시키며 이것은 화염전면과 열교환요소간의 열전달에 의해 가능하다. 그림 7은 화염급냉 겹을 나타내었다.

이 열교환된 요소는 작은 겹을 가진다. 이러한 작은 겹을 통하여 화염이 전파될 때 그것은 겹의 화염전면과 벽간의 열전달일 것이며, 보다 작고 보다 긴 겹, 물론 높은 것도 화염외경에 대한 벽 영향이다. 즉 에너지는 더욱 더 벽으로 열복사에 의해 소모된다. 혼합물의 반응도에 의존하는 그것들은 최대 허용가능한 차원이다. 즉 겹의 길이에 의존하는 겹의 폭, 예방된 화염로 인하여 화염은 각각 급냉되어져 화염 반응은 가능하지 않다. 이 각각의 생성물 증기/가스/공기혼합물은 화염이 되지 않기 때문에 화염급냉겹과 관계될 수가 있다. 이 효과에 의해 점화 가능한 생성물 증기/가스/공기혼합물의 안전 - 기술적인 분류가 가능하다.

화염급냉 겹은 겹의 길이에 대한 겹의 폭, 온도, 압력과 혼합물 조성관계에 의존하는 화염급냉을 유도한다. 소위 “MESG(최대실험안전겹)”이라는 각기 특별한 생성물의 분류 목적에 따라 정의되어 국제적으로 일원화하였다. 그것은 특별한 MESG - 시험장치에 의존하는 이 물질의 파라미터가 고려되어졌으며, 이 MESG 시험장치는 압력, 온도와 겹의 길이 같은 고정된 경계조건의 고려하에 독일연방 물리 - 기술 연구소(PTB)에 의해 발전되었다. 더욱이 MESG는 항상 가장 반응성인 생성물 증기/가스/공기혼합물에 대하여 결정하였다.

IEC - 표준화된 MESG 시험장치의 설계는 그림 8에 나타내었다.

다음 선도는 조성과 겹의 길이에 대한 화염급냉 겹의 의존성을 나타내었다.

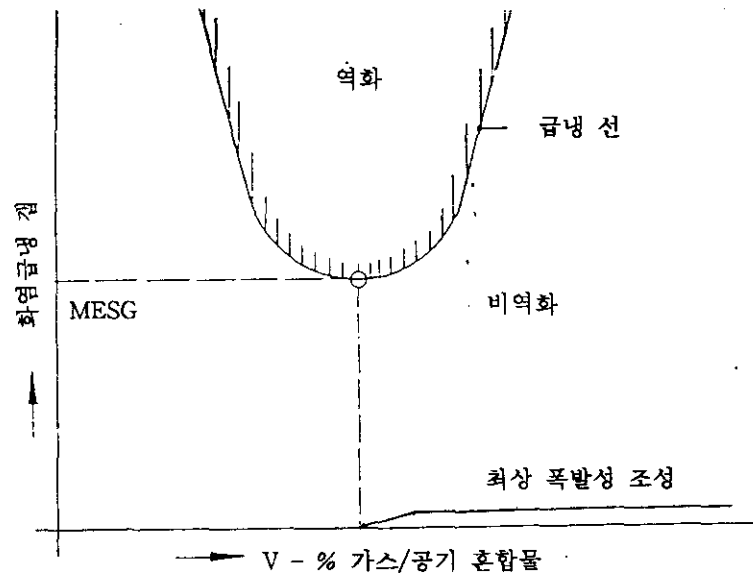
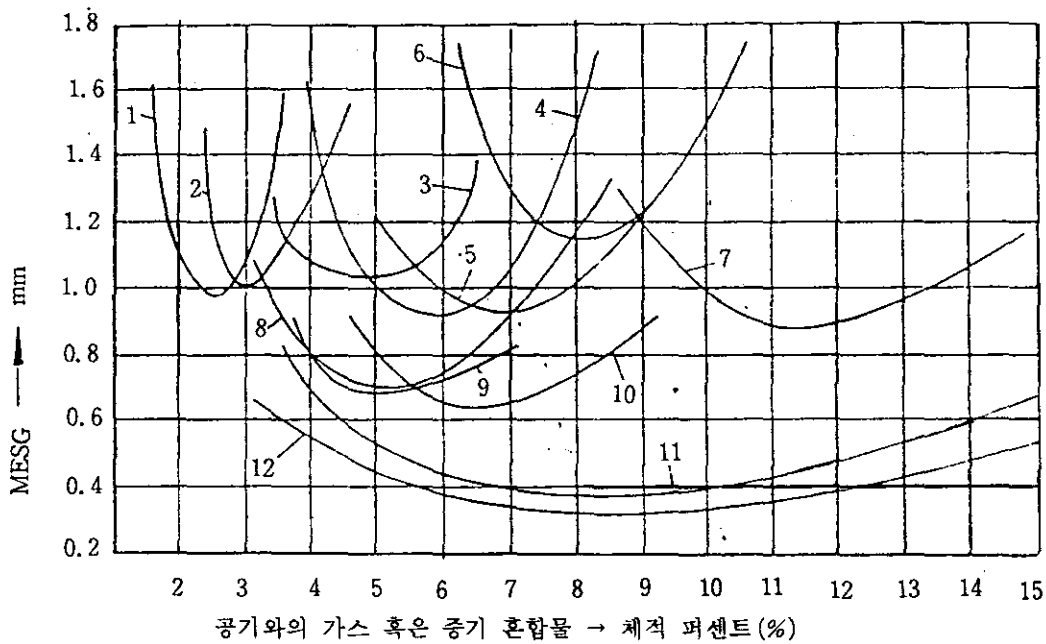


그림 9A. 화염급냉 갭/MESG



- | | | |
|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 hydrocarbon | 5 acetaldehyde | 9 dioxane |
| 2 methylisobutylcetone | 6 methane | 10 ethylene |
| 3 acetic ether | 7 sulphuretted hydrogen | 11 acetylene |
| 4 ethane | 8 propylene oxide | 12 sulphuretted carbon |

그림 9B. 다른 생성물의 혼합물 조성에 의존하는 MESG

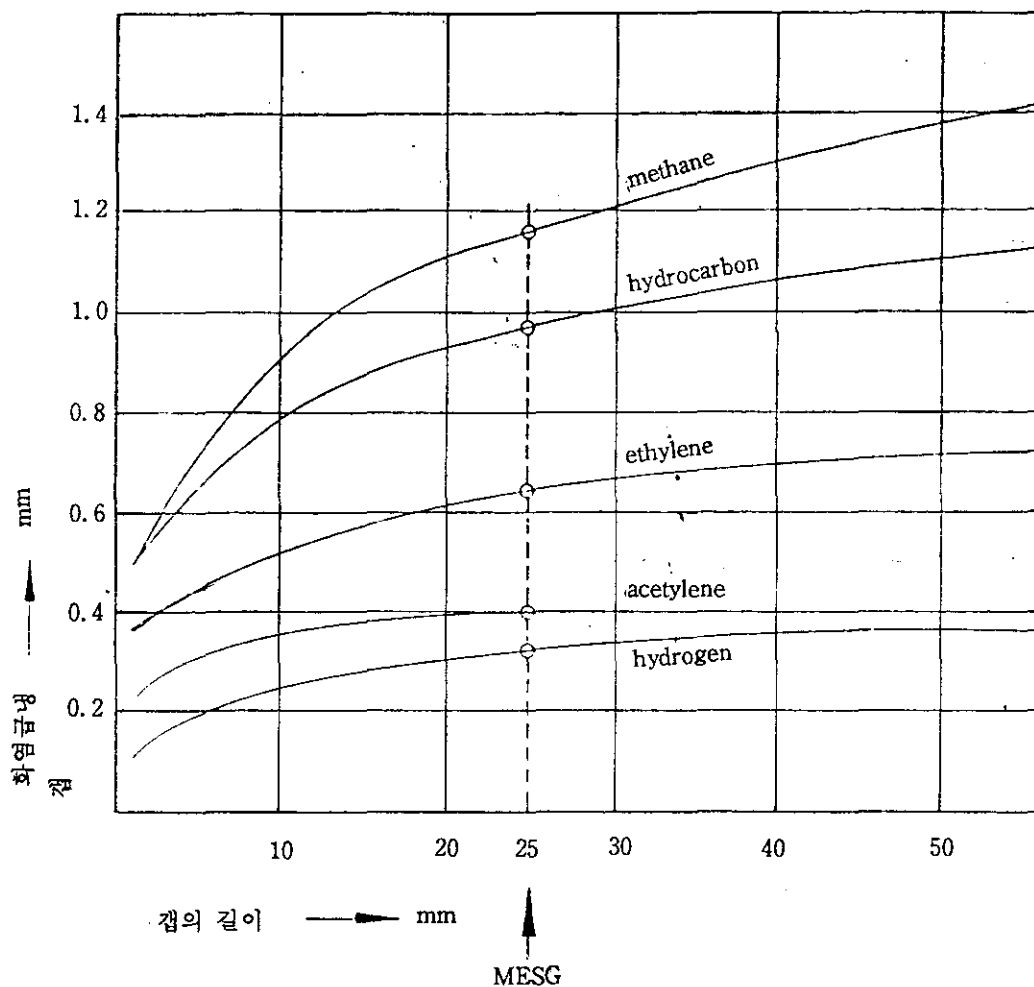


그림 10. 다른 생성물의 화염급냉 겅에 의존하는 겅의 길이

그림 9a(원리 스케치)와 그림 9b(다른 생성물) 각각은 겅의 폭으로 예방된 역화에 대한 특별한 조성의 영향을 나타내었다. 그것은 항상 결정된 가장 작은 화염급냉 겅에 대한 하나의 겅/각각 생성물 증기/공기 혼합물이다. 일반적으로 이것은 화학양론적 조성에 가까운 것이다.

그림 8은 PTB의 MESG(최대실험안전겅)이며, 그림 9a는 화염급냉 겅. 그림 9b는 다른 생성물의 혼합물조성에 의존하는 MESG를 나타내었다.

그림 10은 다른 생성물의 화염급냉에 의존하는 겅의 길이를 나타내었다.

그림 10의 선도는 특별한 생성물에 대하여 요구되는 화염급냉 길이의 영향에 관하여 요약한 것이다. 25mm 갭 길이에 의해 시험된 장치의 최대실험안전갭(MESG) 차원에 따른다. 그림 9b와 그림 10에서 보면 생성물의 거동은 명백하게 시험된 범위내에서 중요하므로 MESG는 화염에너지에 관계된 특정 생성물 분류에 대해 사용될 수 있다.

MESG는 시험된 장치에 의존하는 매개변수이며, 주위온도 20°C, 주위압력 1.0바(절대압력), 거의 화학양론조성과 시험장치로 25mm 갭 길이에서 결정된다. 가장 중요한 것은 거의 최대치로 접근하는 그림 10의 곡선을 고려한 화염방지기의 평가에 대한 것이다. 갭의 길이에서 증가된 어떤 값으로부터 증가가 유도되는 것은 아니다. 즉 0.8mm 갭 넓이의 경우에서 화학양론적인 에틸렌/공기 혼합물의 화염급냉은 불가능하며 가장 긴 갭의 길이까지도 가능하지 않다.

2.3 DIN과 API STANDARD간의 안전 - 기술적 차이점

역화방지기의 설계와 응용에 대한 안전 - 기술적인 요구에 관하여 API와 DIN STANDARD간에 중요한 차이점이 강조되었다. 따라서 API STANDARD는 단지 방폭 화염방지기에 사용된다. 즉 장시간 연소상태 혹은 폭굉 역시 연소공정에서 가능하지만 고려하지 않았다. 더욱이 그것은 외부대기폭발과 내부(파이프)폭발간의 차이가 없이 만들었다. 방폭화염방지기는 외부대기폭발의 경우에서 일부 보증되는 화염예방의 API STANDARD에 따라서 설계되었을 뿐 내부 파이프폭발의 가속화된 화염의 경우에는 그렇지 않다. 실제로는 특정물질(MESG)의 아주 다른 화염 에너지는 고려되지 않았다. 화염방지기는 때때로 MESG보다는 훨씬 위에 놓인 화염필터 넓이의 간격을 가진 API에 따라서 설계되었다. 즉 그것은 갭의 최대길이에서 갭의 최대가능길이 보다 더 큰 값에 이르렀다. 때문에 이들 화염방지기는 무해한 생성물의 외부대기 방폭에 대한 것까지도 보증되는 충분한 화염예방을 하지는 못한다. 즉

어떤 화염방지기는 150mm 갭의 길이에서 약 1.5mm 갭의 화염필터 넓이를 가진다. 그러나 1.5mm 갭의 넓이로서는 가장 큰 갭의 허용넓이 즉 최대 0.8mm이하로 접근하기에 이르는 에틸렌/공기 혼합물 MESG 상에 놓이게 된다. 이 특별한 150mm 갭의 큰 길이는 효과가 없으며, 화염은 혼합물의 일치된 조성에서 발한다. 그림 11은 화염방지기에 관한 DIN과 API STANDARD간의 차이점을 나타내었으며, 그것은 가능한 많은 분야 응용에서 충분한 화염 예방을 제공받지 못한 API STANDARD에 따라서 설계된 화염방지기를 나타내었다.

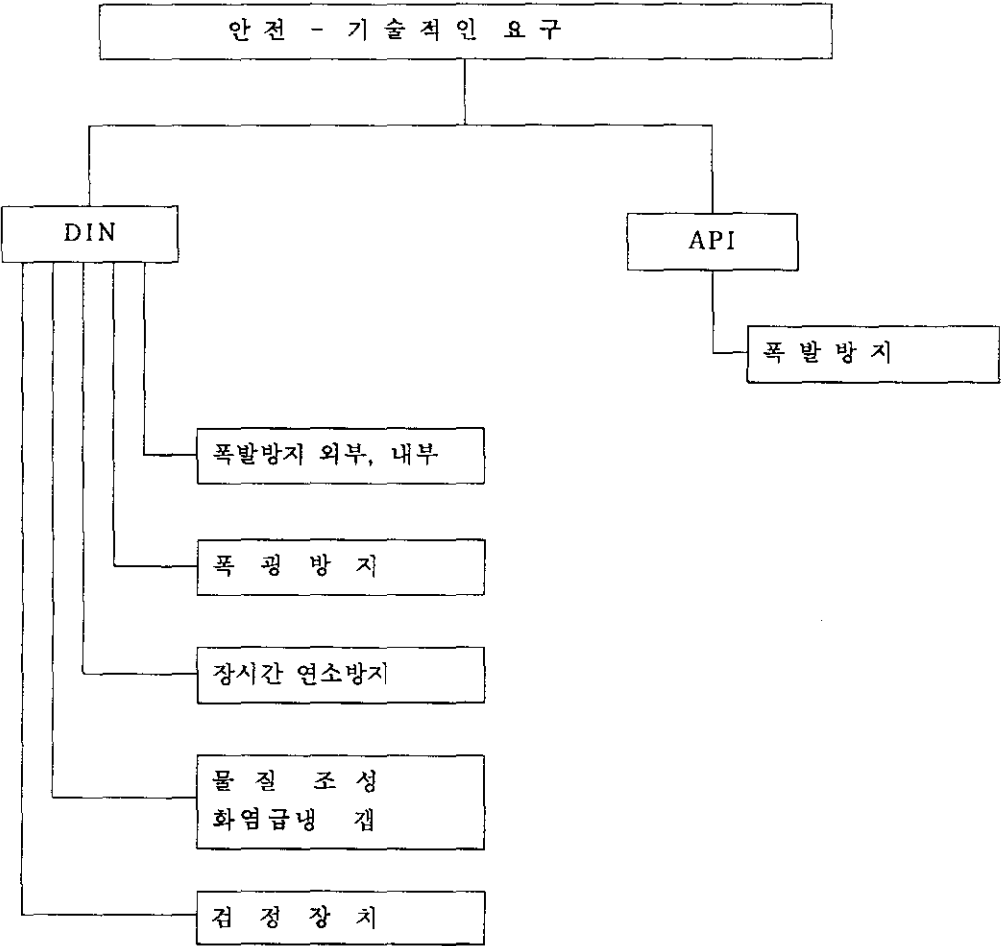


그림 11. 화염방지기에 관한 DIN과 API STANDARD간의 차이점

API 규격에 따른 안전 - 기술적인 설계의 또 다른 중요한 이점은 시험증명서를 국가적으로 보증한다는 점이다. 화염방지는 가끔 전혀 안전조작에 대한 규격에 적합하지 않지만 이 방법으로 보증받는다. 그럼에도 불구하고 DIN STANDARD는 각각 Physical Technical Institute - PTB - 와 Federal Institute for Material Testing - BAM - 권위에 대해 국가가 만족하는 시험 수행이 요구된다.

그러므로 DIN 규격과 규정은 실제조작조건(대체 목적에 대해 보증된 화염예방)에 대해 사용되는 장치에만 보증된다.

3. 화염방지기의 구조와 설계

이미 설치된 화염방지기로서 다른 연소공정에 관한 화염방지를 한다.

실제 표준규격에 따른 이 요구는 화염트랩의 다른 종류도 적합하다. 즉

- a) “정적 상태” (“건식”) 화염트랩
- b) “동적 상태” 화염트랩
- c) “정적 상태” (“습식”) 화염트랩

오늘날 사용되는 많은 화염방지기는 정적상태 화염트랩으로 설비되었으며 역시 “건식” 화염트랩이다. 왜냐하면 그것은 “습식” 화염트랩(즉 액체형 화염기기로 장치가 잠김)에 대응하여 “건식” 요소로 이루어졌기 때문이다.

3.1 화염트랩

각 화염방지기의 “핵심”은 적당한 화염트랩 즉 어떤 종류의 급냉 화염에 의한 화염방지 요소이다. 오늘날 많은 다른 구조는 “정적상태” 화염트랩으로서 사용되며 작은 갭의 급냉효과 즉 보다 작은 갭으로 화염의 에너지 분산에 기인하여 급냉되는 화염트랩 개방에 근거를 둔다. 요즘 간단한 스크린 - DAVY 스크린 이라고 불리워진다 - 까지도 가끔 화염트랩으로서 사용되어진다. 그러나 이 간단한 철망은 화염에 대해

서도 안전을 제공하지 못하지만, 외부대기폭발의 경우에서도 연소되어 안전하지 못하고 내부 파이프 폭발이나 폭굉의 경우에는 전혀 안전하지 못하다.

이 간단한 철망 구조는 그림 12에 나타낸 화염트랩 만큼 안전 - 기술적인 효과를 갖지 못한다. 흔히 이런 양상의 화염 스크린으로 설치되고 화염방지기로서 제공된 설비에 직면하기 때문에 강조된다. 많은 화염트랩의 효과와 화염, 기계적인 강도, 흐름 저항에 대한 안전을 고려하여 최적 전식 화염트랩, 화염필터(필터 디스크라고 부른다)가 사용되어야 한다.

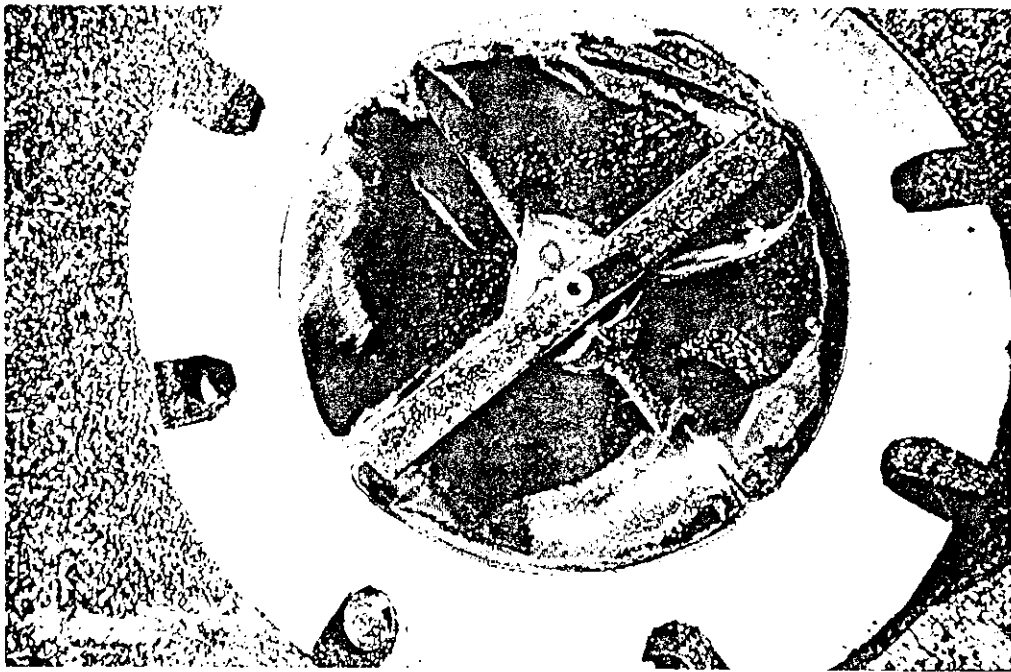


그림 12. DAVY 스크린

비교적 약한 대기폭발로 이미 파괴된 화염트랩으로서 간단한 “DAVY 스크린”을 나타내었으며 이것은 화염방지가 보증되지 않았다.

이러한 필터 디스크의 설계 즉 화염필터는 그림 13, 그림 14와 그림 15에 나타내었다. 이들 요소는 고온저항의 스테인레스 강으로 만든 리본을 주름(갹의 넓이에 의한 것. 즉 주름 깊이, 변형)잡아 하나의 평면상에 감아서 제조하였다. 그러므로 그것은 특별한 혼합물의 화염에너지를 아주 잘 적응시킬 수 있다. 다른 넓이의 갹에 대한 표준항목으로서 이러한 화염필터는 0.2mm, 0.3mm, 0.5mm와 0.7mm (0.7mm는 0.9mm 즉 탄화수소 보다 더 큰 MESG로 모든 조성에 적당한 필터 갹 넓이의 표준 크기이다)가 제조되었다.

그림 12는 비교적 약한 대기 폭발에 의해 이미 파괴된 화염트랩으로서 간단한 "DAVY SCREEN"을 나타낸 것이다. 따라서 이는 화염예방을 보증할 수 없다.

화염방지기의 형태에 의존하는 (폭발 혹은 폭굉 화염방지기) 2개나 3개 필터 디스크는 통에 넣어 결합시키고 하나의 완전한 화염방지요소로 연결시킨다 (그림 14).

혼합물의 조성에 의존하는 화염필터 갹의 특유한 넓이로 설치된 것으로서는 즉 에틸렌에 대한 MESG는 0.65mm이고, 이 MESG 보다 더 작은 갹의 넓이가 요구되며 필터 갹의 넓이는 0.5mm이다. 이 경우에서 특히 "화염필터 디스크의 갹 넓이"가 MESG(최대실험안전갹)으로서 같지 않다는 것이 지적된다. 왜냐하면 MSEG는 시험 장비에 의존하는 생성물 매개변수이기 때문이다. 그렇지만 화염방지기 경우 에틸렌에 대해 시험한 결과 0.65mm의 MESG이다. 이 장치는 에틸렌(0.65mm 보다 더 큰 MESG)보다 더 큰 MESG인 모든 생성물에 대하여서 사용 가능하다. 이것은 "MESG"에 의한 폭발성 혼합물의 안전 - 기술적인 분류의 결과이다.

화염필터는 대단히 중요한 요소이지만 장치설계를 위하여 장시간 연소상태의 경우에서나 부가적인 폭굉 측정의 경우에서도 화염방지가 되어야 한다.

화염필터는 각각 폭발, 폭굉, 장시간 연소상태의 경우에서 화염방지의 급냉 효과와 필수적인 기계적 강도도 통에 꼭 맞게 넣어 결합하여야 한다.

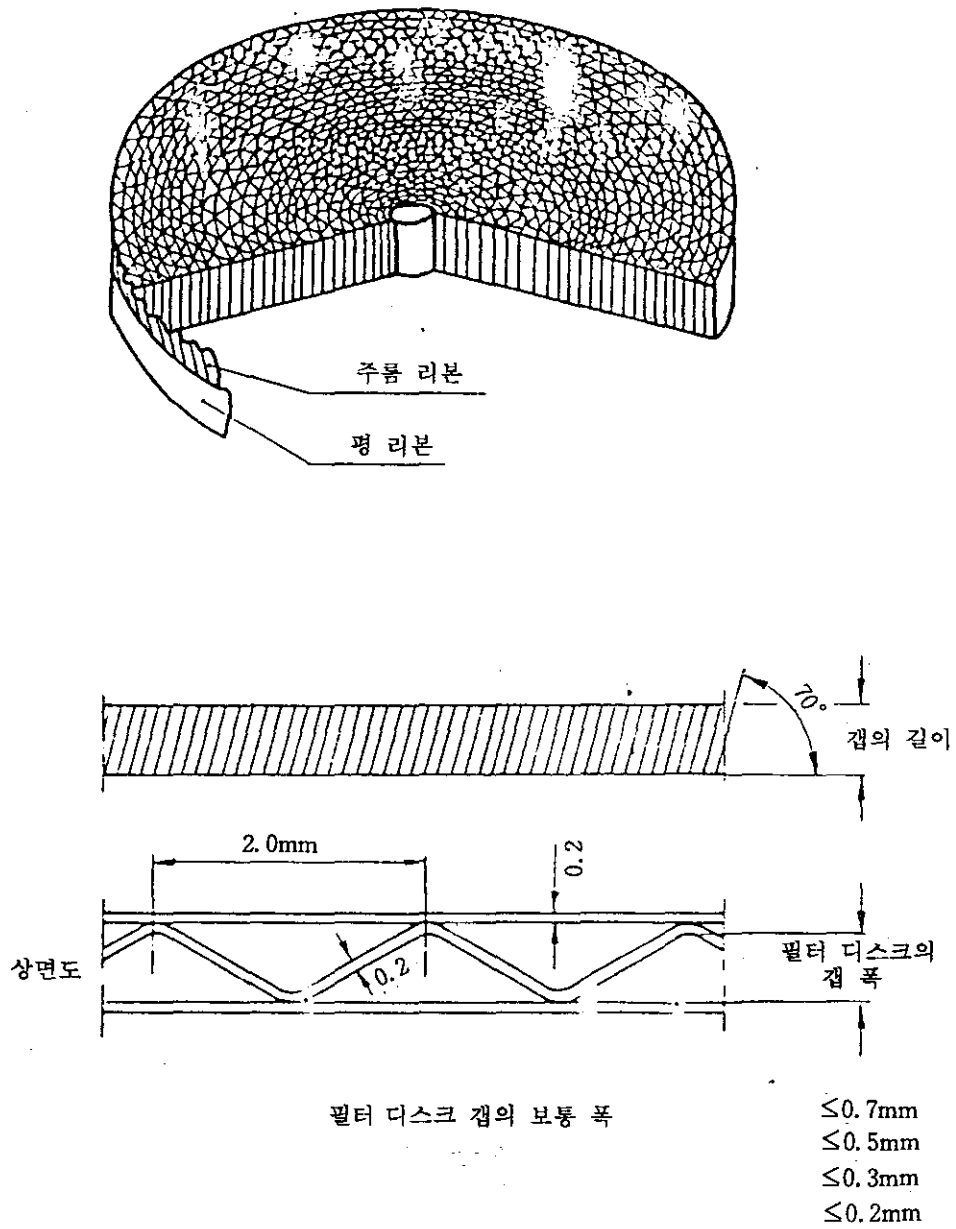
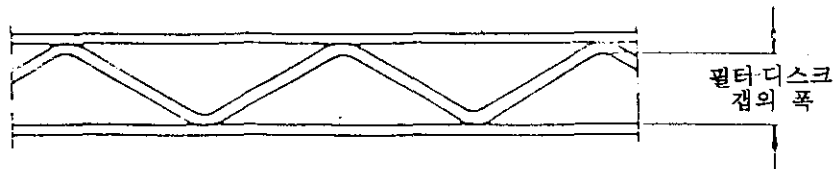
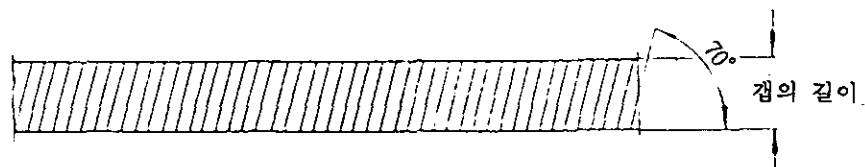
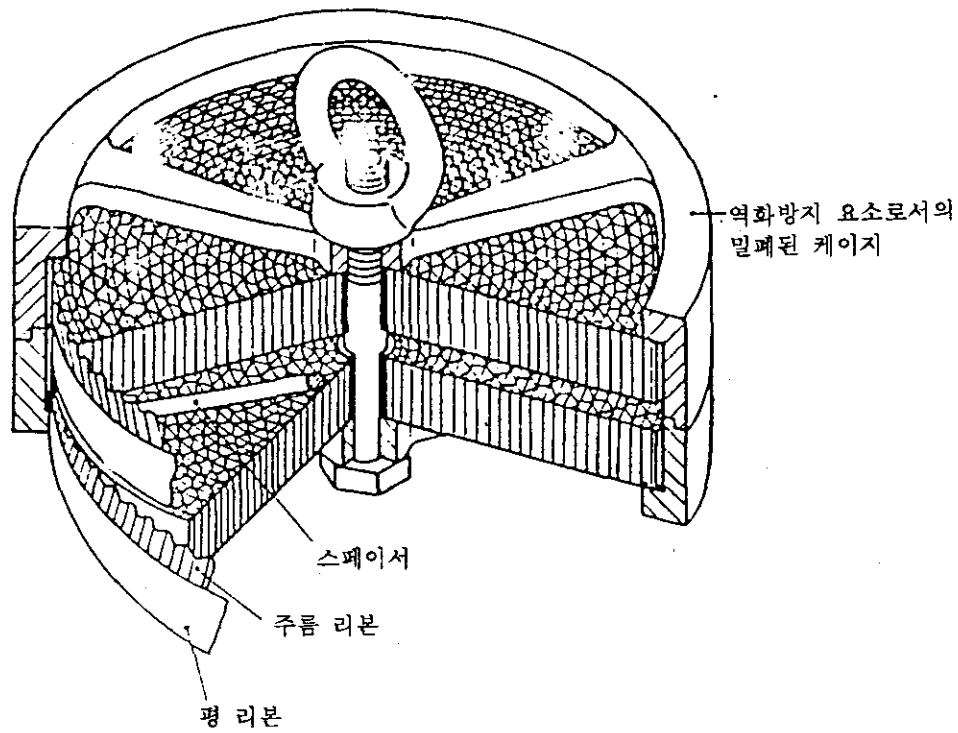


그림 13. 필터 디스크



매체에 따르는 검의 폭

$\leq 0.7\text{mm}$

$\leq 0.5\text{mm}$

$\leq 0.3\text{mm}$

$\leq 0.2\text{mm}$

그림 14. "건식" 화염트랩 : 필터 디스크

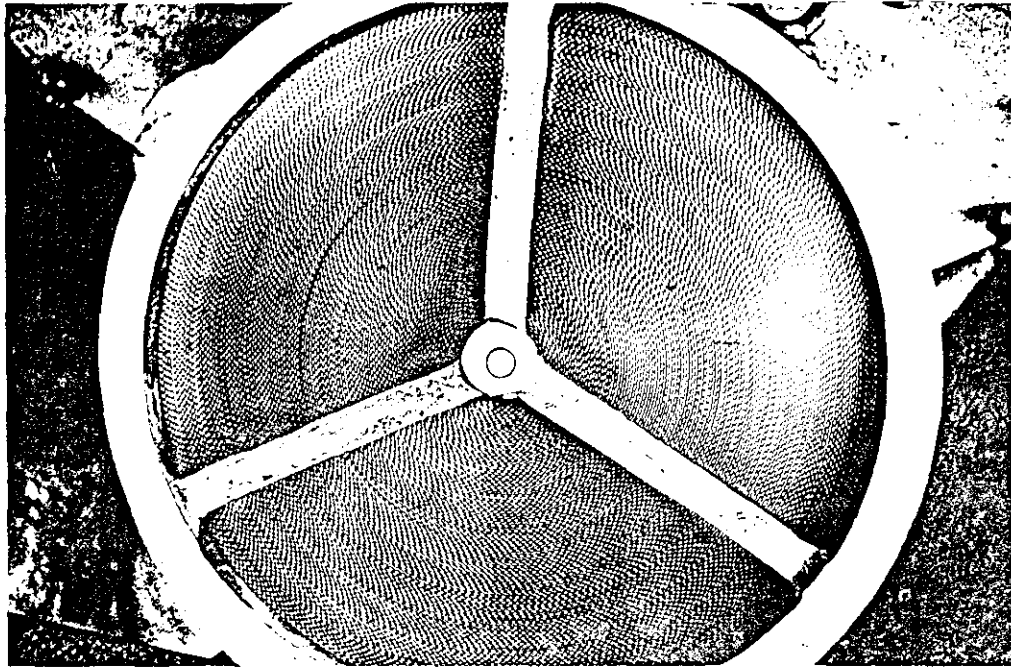


그림 15. 화염 필터

이 데이비 스크린은 비교적 무해한 대기폭발에 접촉되고 기계적으로 파괴될 뿐만 아니라 폭발화염에 기인된 낮은 열에너지에 의해 완전하게 연소된다.

이 간단한 스크린은 화염방지에 대하여 어떠한 안전도 보장받지 못하며 외부대기 폭발, 내부파이프 폭발 및 장시간 연소상태의 경우에서도 폭굉 등을 전혀 보장받지 못한다. 각각 폭발, 폭굉에 접해도 기계적인 손상이나 화염이 발생되지 않는 화염필터가 필수적이다. 화염방지요소 겹 폭의 화염에너지에 관해서는 가스/증기 공기혼합물의 폭발성 조성의 MESG에 가장 많이 의존한다.

3.2 폭발방지 화염방지기

관내 방폭화염방지기

화염방지기의 기초원리에서는 조작 조건에 의존하는 파이프라인에서 발생될 수 있는 폭발이나 폭굉을 나타낸다. 폭굉의 전개가 없다면 조작조건에 기인됨을 예측할 수 있으며, 그것은 이른바 관내방폭 화염방지기를 사용하여도 충분할 것이다. 방폭

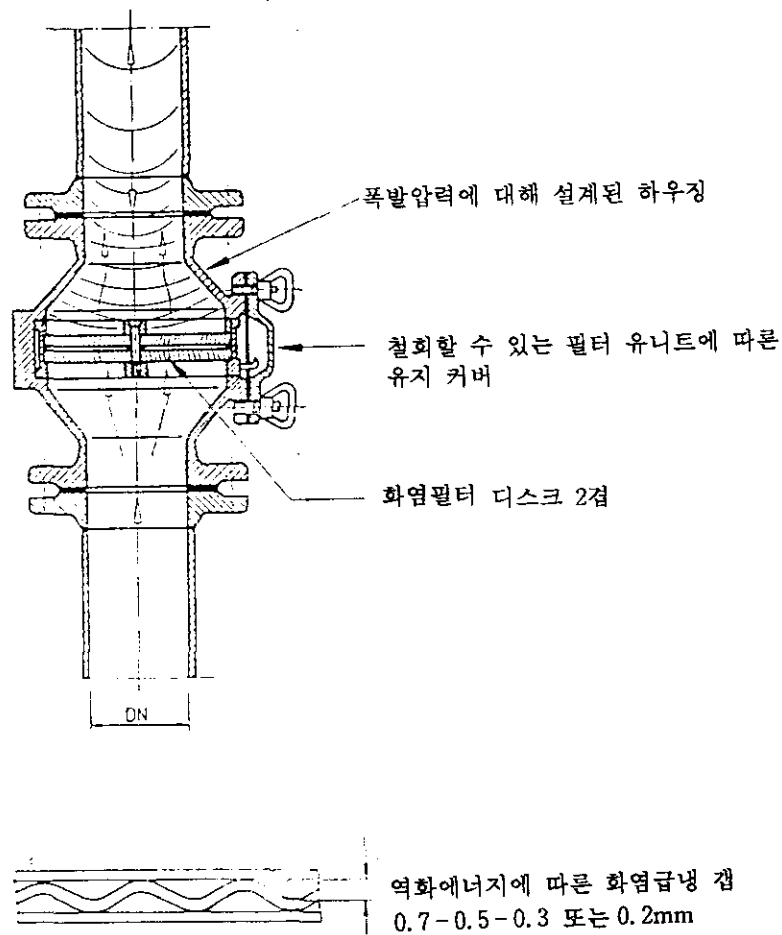


그림 16. 화염방지기, 폭발방지

화염방지기의 가장 중요한 요소에 대한 것은 봉인된 통에 결합되어 설치된 화염방지 요소이며, 압력에 견고한 구조물에 2개나 3개 디스크로 구성된 화염필터이다. 관내 방폭 화염방지기의 일반적인 설계는 그림 16에 나타내었다. 화염필터 캡의 필터 폭은 MESG에 따라 사용되어진다.

즉 가능한 가장 반응성이 큰 조성의 화염에너지이며, 생성물 증기/각각의 가스/공기 혼합물의 점화시에 화염에 대한 안전이 충분히 보증되기 위해서다.

장치로서는 어떤 위치에 설치될 수 있는 그것들은 대칭적이며 양 측면으로부터의 폭발의 경우에도 화염방지를 제공한다. 방폭 화염방지기는 각각 폭굉이 전개될 가능성이 있을 때만 사용되며 장시간 연소상태는 그들 두 연소공정에 따른 화염에 대한 안전이 불충분한 조작조건으로 인한 것에 포함될 수 있다.

폭굉의 보다 높은 화염에너지는 그렇지만 흔히 화염방지기의 기계적인 강도는 폭굉압력에 견디기가 불충분하다. 이것은 현재의 조작조건 고려하에서 설치된 방폭 화염방지기는 조사에 의하면 화염에 대하여 충분히 안전함을 나타내었으며 화염전파속도가 화염필터에 도달하면 약 300m/s의 값을 초과하지 않는다.

일반적으로 화염전파속도는 이러한 허용치를 초과하지 않으며, 안전장치의 설치점과 가능한 점화원간의 파이프 직경 ($L/D - 비$)에 대한 파이프길이 관계는 20을 초과하지 않는다. 실제로 그것은 가장 어려운 상태는 대응하는 조작조건하의 폭발에서 폭굉으로의 전환점이다. $L/D - 비$ 뿐만 아니라 다른 매개변수(즉 벤드, 슬라이드 등)도 역시 부가적으로 화염을 가속화할 수 있다.

그러므로 DIN STANDARD에 따르면 PTB는 폭굉방지 장치에 대해서도 일반적인 방폭화염방지기에 대한 것과 같이 승인한 것은 아니다.

관내 방폭 화염방지기에 대한 특별 검정은 정확하게 정의된 설비 구성에 포함되고 시험 수정에 따른 폭발에서만 보증될 수 있으며 폭굉에서는 그러하지 않다.

3.3 폭굉방지 화염방지기

적절한 폭굉방지 화염방지기의 설계에 관해서 그것은 “폭굉충격흡수장치”라고 불리워지는 것으로서, 이 충격흡수장치는 고압의 에너지와 폭굉파의 동적 에너지를 감소시킬 수 있으며, 적당한 화염트랩(화염전면과 압력충격 전면의 분리)에 도달되기 전에 화염전면을 분리시킬 것이다.

간단한 것 중의 하나로 “폭굉충격흡수장치”는 보다 작은 에너지로서 폭발이 화염 필터에 도달되기 전에 폭굉을 적당히 감소시키는 것이라고 할 수 있으며 이는 필터 디스크의 갭으로 완전하게 끌 수 있는 것이다. 그러므로 폭굉방지 화염방지기는 주로 폭굉내압용기에 앞의 폭굉 충격흡수장치와 마찬가지로 적절하게 둘러싼 케이지로 3겹으로 부착된 필터디스크 혹은 때로는 4겹 화염필터 디스크까지 구성되어 있다.

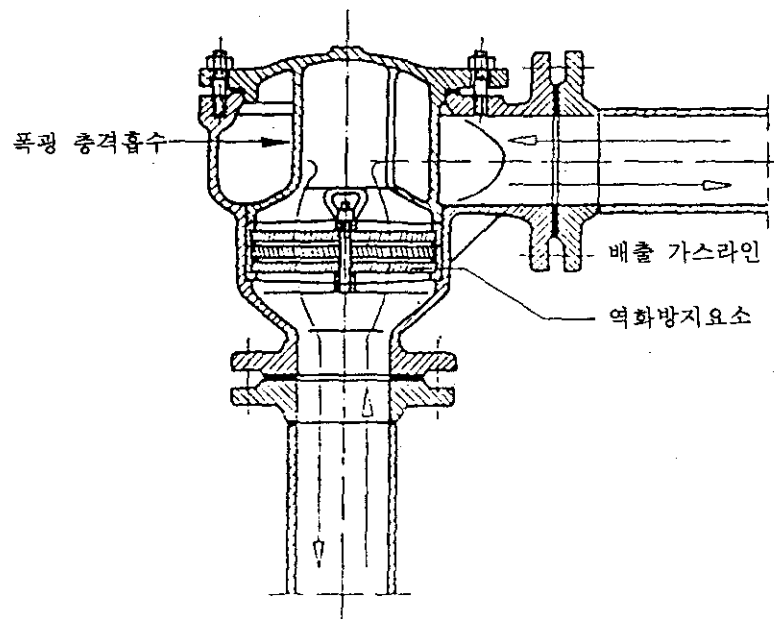
이러한 폭굉방지장치를 설치하기 전에 두 가지 측면을 고려해야 한다. 그 하나는 폭발한 경우에 폭굉 충격흡수장치로부터 화염방지만을 보증하는 장치인 것을 확인하는 것이고, 화염방지의 다른 측면은 오직 폭발의 경우만을 보증한다.

따라서 항상 가능한 점화원에는 폭굉 충격흡수장치가 설치되어 있는가를 고려하여야 한다. 폭굉방지 화염방지기는 폭발 및 폭굉의 경우에 화염을 예방해야 하지만 장시간 연소상태의 경우에는 그렇지 않다. 그러므로 그것은 장시간 연소상태가 발생하지 않는 설비에 관해서는 현재 조작조건을 보장해야 한다. 이는 화염이 출발되는 통로 즉 파이프라인에 의하여 안전장치의 설치점과 가능한 점화원간의 화염방지가 이루어질 수 있다. 그림 17에 폭굉방지 화염방지기를 나타내었다.

일반적으로 75이상 100 L/D - 비는 파이프의 개방말단에서 혼합물 점화의 경우에 보통 탱크배기시 장시간 연소상태를 충분히 예방할 수가 있다. 동일 조작 경계조건 유지로 승인된 방폭 화염방지기에 나타낸 것으로서 폭굉의 전개를 예방할 수 없다면 폭굉방지 화염방지기가 사용되어야 한다.

3.4 장시간 연소방지 화염방지기

화염 방지기에 대한 기본적인 안전기술에 대한 장시간 연소상태는 항상 유해한 폭발성 물질을 일부 플랜트의 직접 대기방출에 의존한다고 하였다. 더우기 장시간 연소방지 화염방지기는 항상 개방 저장탱크나 방호된 용기의 끝에 설치되었기 때문에 관 말단장치라고 부른다



방호된 영역으로 향해 접속

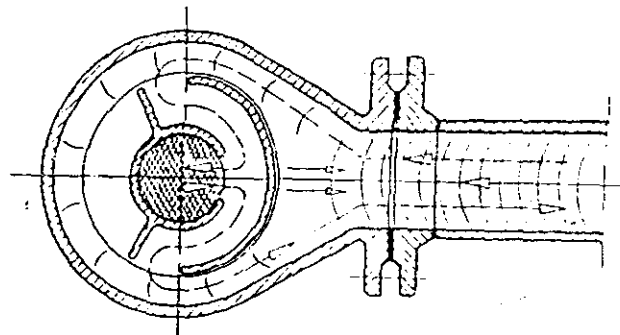


그림 17. 화염방지, 폭굉방지

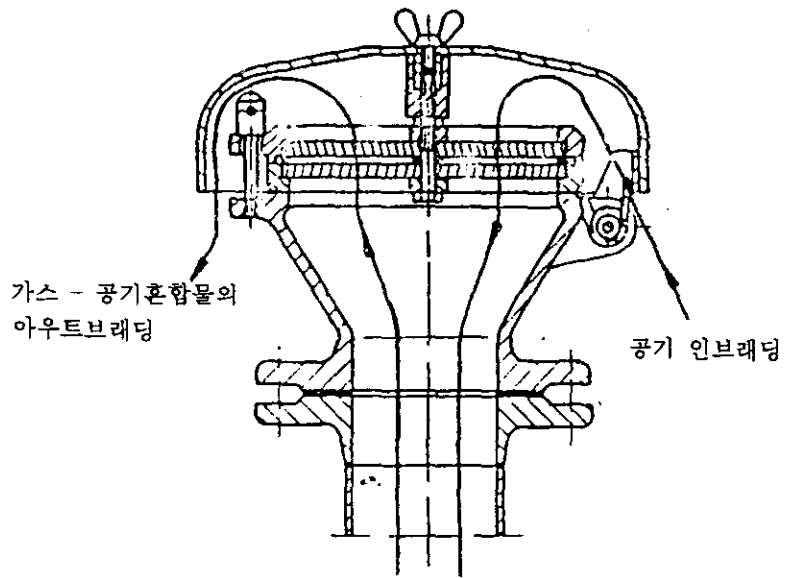


그림 1. 배기시 화염방지에 대한 정상 조작 위치

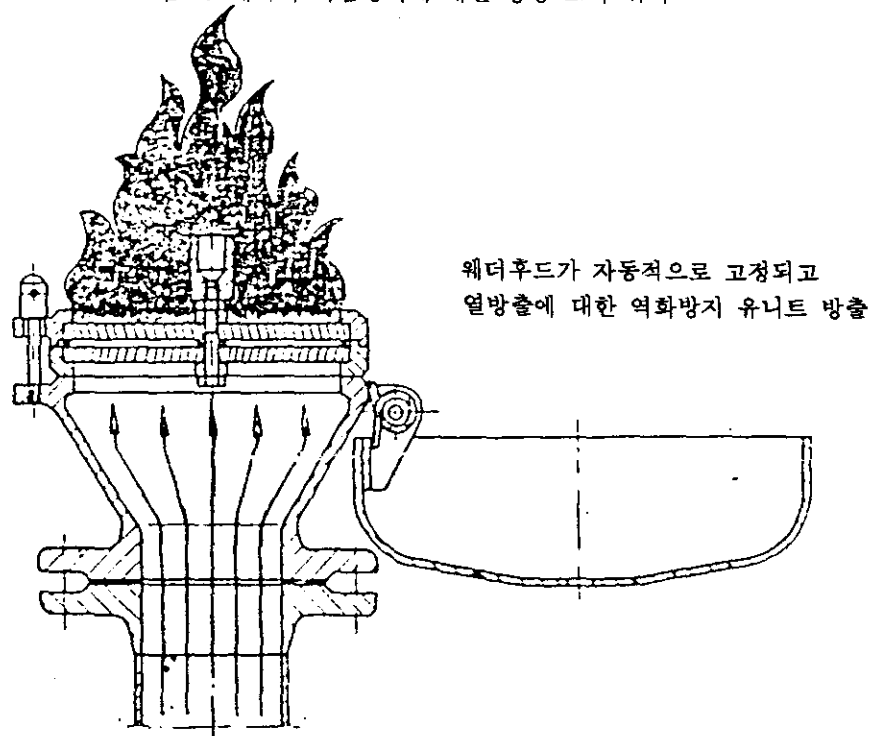


그림 2. 장시간 연소상태의 경우에서 조작 위치

그림 18. 폭발 및 장시간 연소방지 벤트 캡

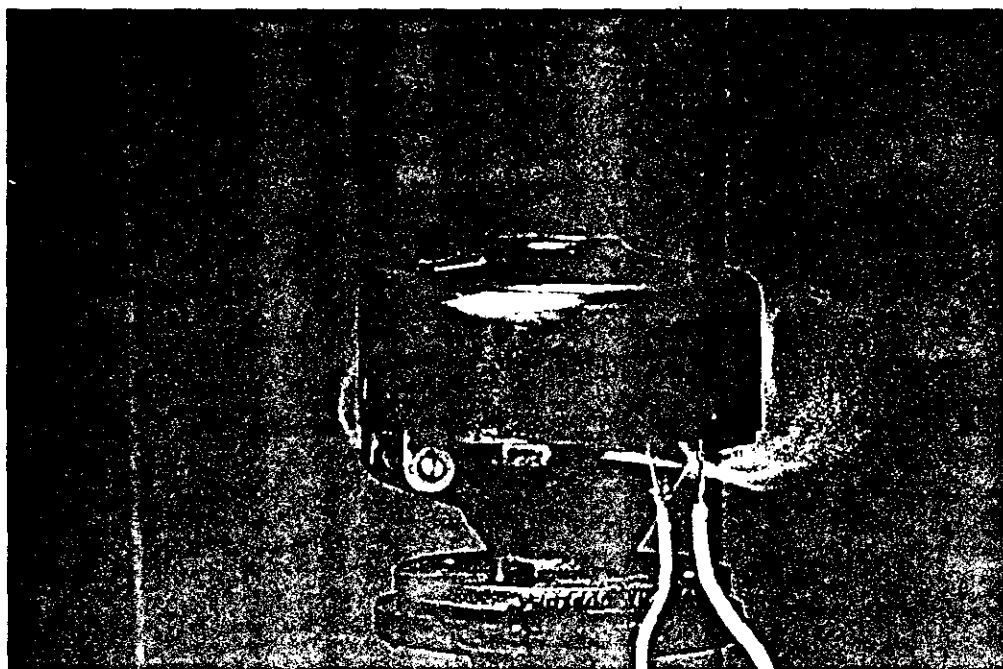


그림 19. 방출된 가스가 바로 점화된 장시간 연소방지 벤트 캡



그림 20. 가용성 요소에 의해 작용한 후 스프링으로 인해 고정된 웨더후드

장시간 연소방지 화염방지기의 사용에 대한 구체적인 예는 지상 저장탱크에서 개방된 브레딩의 방호이다. 이들 장치는 벤트 캡 혹은 압력/진공 릴리프 밸브, 동일 안전기술 요구에서는 둘다 적합하다. 증발손실이 비교적 중요하지 않을 때는 프리 벤트를 사용하고 이에 반하여 보호 배기는 가능한 한 저장된 생성물의 손실방지에만 사용되며, 환경보호의 요구로 인하여 방출을 최소로 감소시켜야 한다. 벤트 캡으로서 장시간 연소방지 화염방지기의 기본설계는 그림 18에 나타내었다.

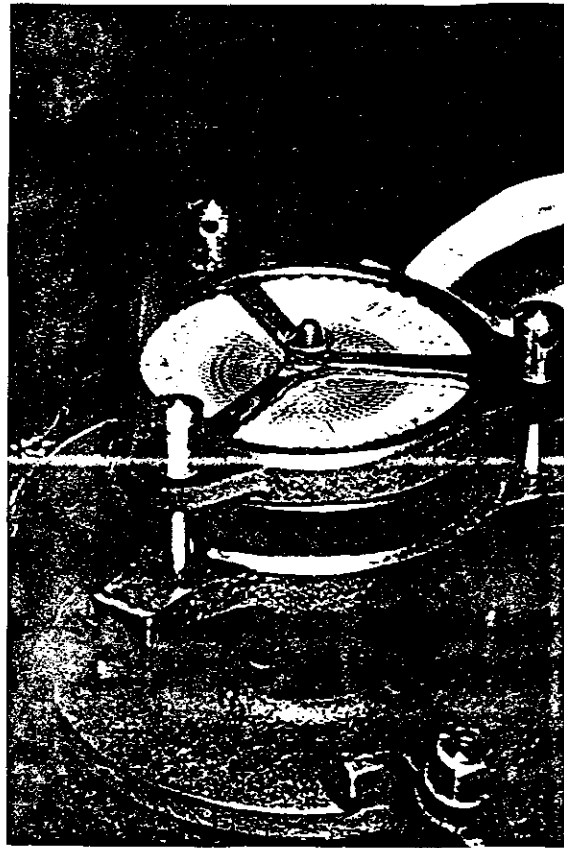


그림 21. 웨더후드를 고정시키고 개방한 역화방지요소

—(주1) 이 벤트 캡(버섯 같은 프리 벤트와 비교된다)은 몸체,

혼합물 연소는 열방사 없이 즉 비허용 고온 가열 없이도 가능하기 때문이다.

케이지를 넣은 화염방지요소, 가용성 요소와 웨더후드(Weather Hood)로 이루어져 있다. 화염방지요소의 표면적은 접촉크기 면적의 적당한 자유단면으로 설계되었다.

화염방지 요소는 기상노출에 대하여 장치를 보호하기 위해 웨더후드로 덮여져 있어 탱크에서 다른 이물질과 물의 침투를 피하였다. 웨더후드 많은 경쟁장치 즉 버섯 같은 프리벤트와 같이 고정된다면 방출된 가스는 점화되고 열축적은 고정된 후드를 피할 수 없는 이러한 화염확산으로 수분내로 화염필터를 가열시킴으로써 일어나며 이는 시험으로 확인되었다.

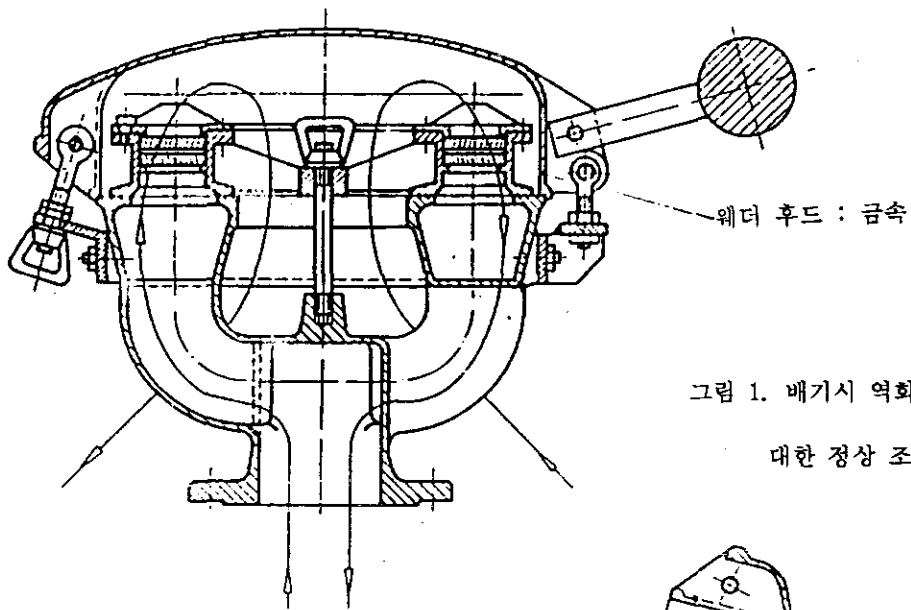


그림 1. 배기시 역화방지에
대한 정상 조작 위치

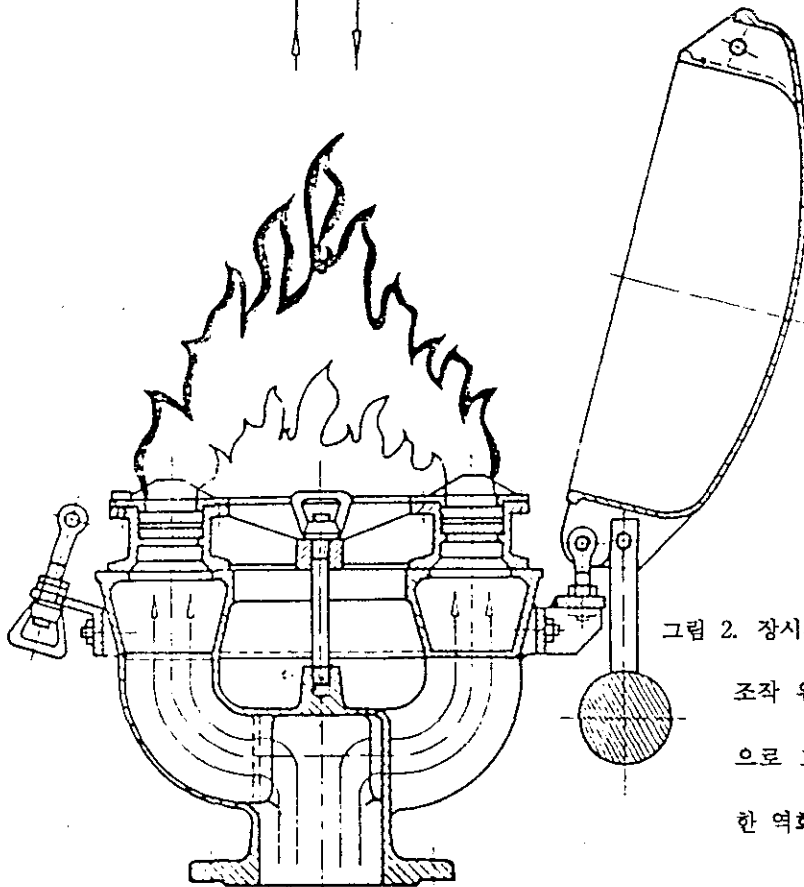


그림 2. 장시간 연소상태의 경우에서
조작 위치: 웨더후드가 자동적
으로 고정되고 열 방출에 대
한 역화방지 유니트 방출

그림 22. 폭발 및 장시간 연소방지 벤트 캡

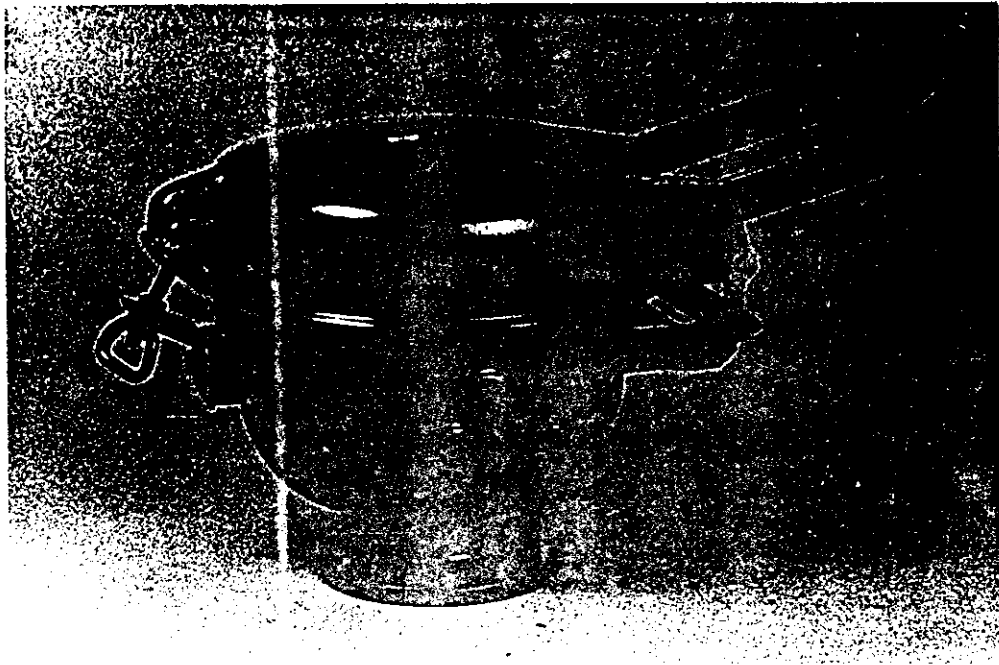


그림 23. 환상 역화방지요소인 장시간 연소방지 벤트 캡

스프링장력은 장시간 연소상태(그림 18 - 설명 2)의 경우에 따라 정해지는 웨더후드의 영향을 받는다. 더욱이 역화방지 요소의 조작 조절은 정해진 캡에 의하여 쉽게 조절된다.

방출가스 점화의 경우에서 안전요소는 아주 잠깐 동안 용화하고 후드는 계산무게나 스프링장력과 열방출에 대한 역화방지요소의 방출표면적에 따라서 정해진다. 그림 19는 장시간 연소상태의 경우에서 조작위치, 그림 20은 가용성요소에 의한 작용 후 스프링으로 인하여 고정된 웨더후드, 그림 21은 웨더후드를 고정시키고 풀어놓은 역화방지요소를 각각 나타내었다.

따라서 그림 19 - 21은 방출가스의 점화 후와 고정 장시간 연소상태 시험시 정해진 공정을 나타낸 것이다. 단시간 동안의 연소는 탱크에 대한 어떤 위협없이 가능하다. 그것은 장시간 연소시에 냉각작용을 할 시간은 충분하다.

80에서 100mm 보다 큰 플랜지 접속 크기로 화염방지기는 큰 직경을 요구하기 때문이다. 그것은 화염방지 요소의 중심에서 장시간 연소상태에 따른 안전에 대해서 요구되는 열방출은 이루어질 수가 없다. 이 면적에서 그것은 화염을 유도하며 바로 가열시키는 것이다. 장시간 연소상태의 경우에서 안전에 대한 DIN규격과 규정을 따르기 위한 보다 큰 크기의 장치 공급을 가능하게 하기 위해서는 비허용 고온가열을 배제한 차원에서 환상 화염방지요소를 나타내었다.



그림 24 고정된 웨더후드인 환상화염 필터에 대한 관찰

이러한 장시간 연소방지 벤트 캡의 설계는 그림 22 설명 1에서 나타낸 것으로 할 수 있다. 환상 화염방지요소는 역시 웨드 후드로 커버하며, 계산된 무게법에 의한 연소의 경우에서 정한다. 내부채널에 기인된 것은 환상화염요소에 대해 가능하고 장치는 아주 높은 가능성이 있는 기후 방호가 유도되는 외면으로부터 완전하게 분리시킬 수가 있다. 방출가스의 점화의 경우에서 웨더후드의 고정 후 환상 연소기 형태와 내면에서와 마찬가지로 외면으로부터 환상 화염방지요소는 열상승 위쪽으로 냉각공기의 통과에 기인된다. 그러므로 화염방지요소는 충분히 냉각시켜야 한다.

그림 22는 폭발과 장시간 연소방지 벤트 캡을 나타내었으며 그림 23-26은 각각 설계와 장시간 연소 경우에는 장치기능을 나타낸 것으로서 그림 23은 환상 화염방

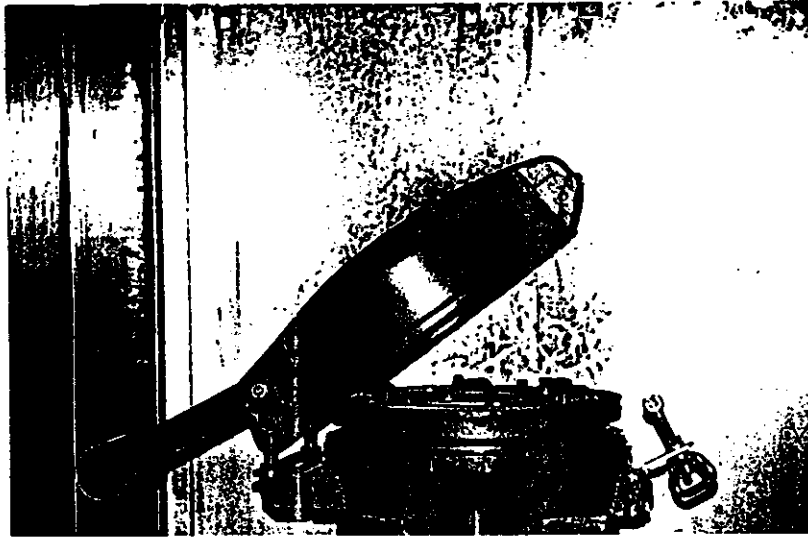


그림 25. 계산된 무게로 정해진 웨더후드의 가용성 요소의 용융 후

지요소인 장시간 연소방지 벤트 캡,
그림 24는 고정된 웨더후드인 환상
화염필터, 그림 25는 계산된 무게로
서 정한 웨더 후드의 가용성 요소의
용융 후를 나타낸 것이며, 그림 26
은 완전하게 정해진 웨더후드를 나
타내었다.

방폭과 장시간연소방지 벤트 캡
측면에서 대응하는 압력은 결합된
압력밸브와 릴리이프 밸브가 각각
사용된다. 증발손실이 최소로 감소
되도록 공기중으로 증기침투를 피해
야 하고, 보호 배기통과 마찬가지로



그림 26 완전하게 고정된 웨더후드 - 열반사
없이 연소되는 혼합물

벤트 캡은 동일 안전 기술기준이 적합하다.

그림 27은 압력 진공 릴리프 밸브 - 방폭과 장시간 연소방지, 그림 28은 진공 릴리프 밸브 - 방폭을 즉 폭발과 장시간 연소방지 배기 밸브를 각각 나타내었으

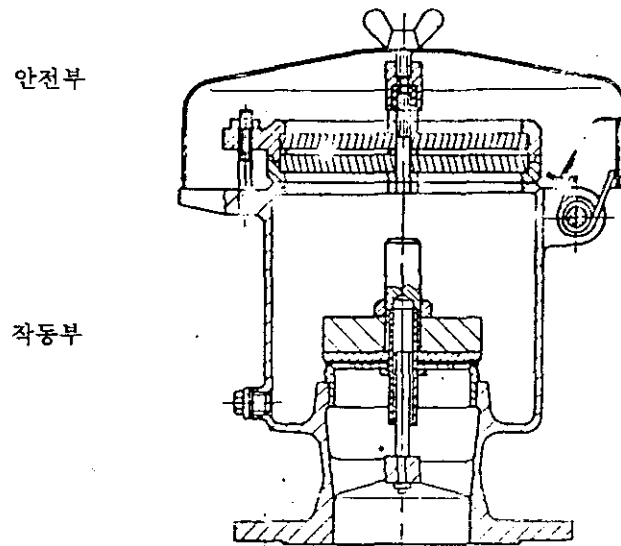


그림 27. 압력 릴리프 밸브-폭발 및 장시간 연소방지

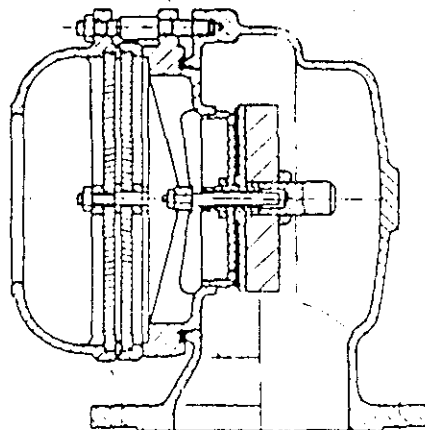


그림 28. 진공 릴리프 밸브-폭발방지

며, 그림 29는 방폭과 연소방지용 압력 - 진공 릴리이프 밸브, 그림 30은 방폭 압력 /진공 릴리이프 밸브를 나타낸 것으로서 밸브와 화염방지기를 결합한 것이다.

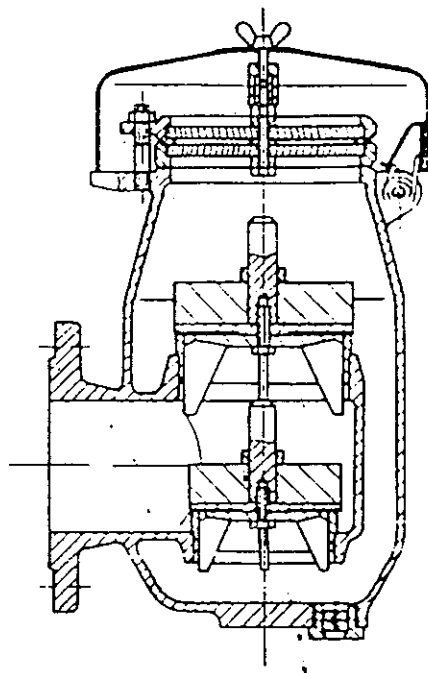


그림 29. 폭발 및 장시간 연소방지 압력-진공 릴리이프 밸브

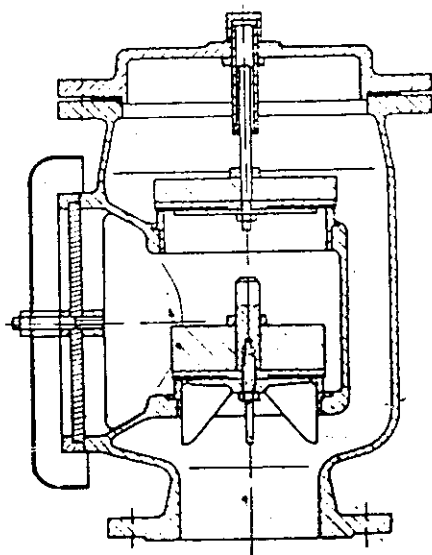


그림 30. 폭발방지 압력/진공 릴리이프 밸브(밸브와 화염방지기 결합)

3.5 동적 화염방지기

동적 화염 트랩의 기본은 방출된 폭발성 혼합물이 항상 관련된 개방 방출의 각 위치에서 난류화염 스피드 상에 놓여 있는 흐름속도를 가진다. 더욱이 그것은 뜨거운 표면 때문에 점화로 유도되는 비허용 가열이 아닌 모든 조작 조건하에서 동적 화염 트랩으로 장치된 압력 릴리이프 밸브에 대해 보장된다.

동적화염 트랩의 원리에 따라서 작업하는 장시간 연소방지 압력밸브는 정적 화염 트랩인 그들과 비교하면 조작상의 이점을 가질 수 있다. 설계된 밸브에 따르면 동적 화염 트랩만이 즉 보통 정적인 화염 필터 디스크 없이 조작상으로 안전하게 운전할 수 있다.

관계된 매체는 중합에 의해 정적인 화염 트랩의 작은 갭을 차단함으로써 각각의 장치 패쇄로 비허용 고압강하를 유도한다. 부가적으로 그것은 정적 화염 트랩(필터 디스크)으로 설치된 밸브를 고려해야 하며, 그 크기를 제한함으로써 주어진 압력강하에서 그 흐름 용량도 고려한다.

그림 31은 정적화염트랩이 없는 동적화염트랩 영향의 이점을 취하여 적용한 장시간 연소방지기인 액체장전격막의 기본설계를 나타낸 것이다. 장치는 주로 격막인 밸브 후드와 마찬가지로 구성되어 있고, 이 격막은 요구된 설정 압력에서 빙점이하 온도 강하방지로 장전되어 있으며 충전보정은 부유지시계법으로 나타내었다. 장전 액상면적은 개방 배기된 화염방지법에 의해 대기로 연결되어 있다. 탱크내면 압력의 경우에는 격막상의 액체칼럼에 따르며, 가스는 외부로 향해 방출되어 탱크 압력은 경감될 것이다.

방출된 생성물의 점화의 경우에서 증기/공기 혼합물의 외부 흐름속도는 밸브사이트와 격막의 일정거리에서 화염속도보다 더 크므로 탱크에서 화염은 가능하지 않다(동적화염트랩). 격막 아래의 갭에서 더 낮은 흐름용량화염의 직접적인 연소에 대해서는 화염에 의해 가열되어진다.

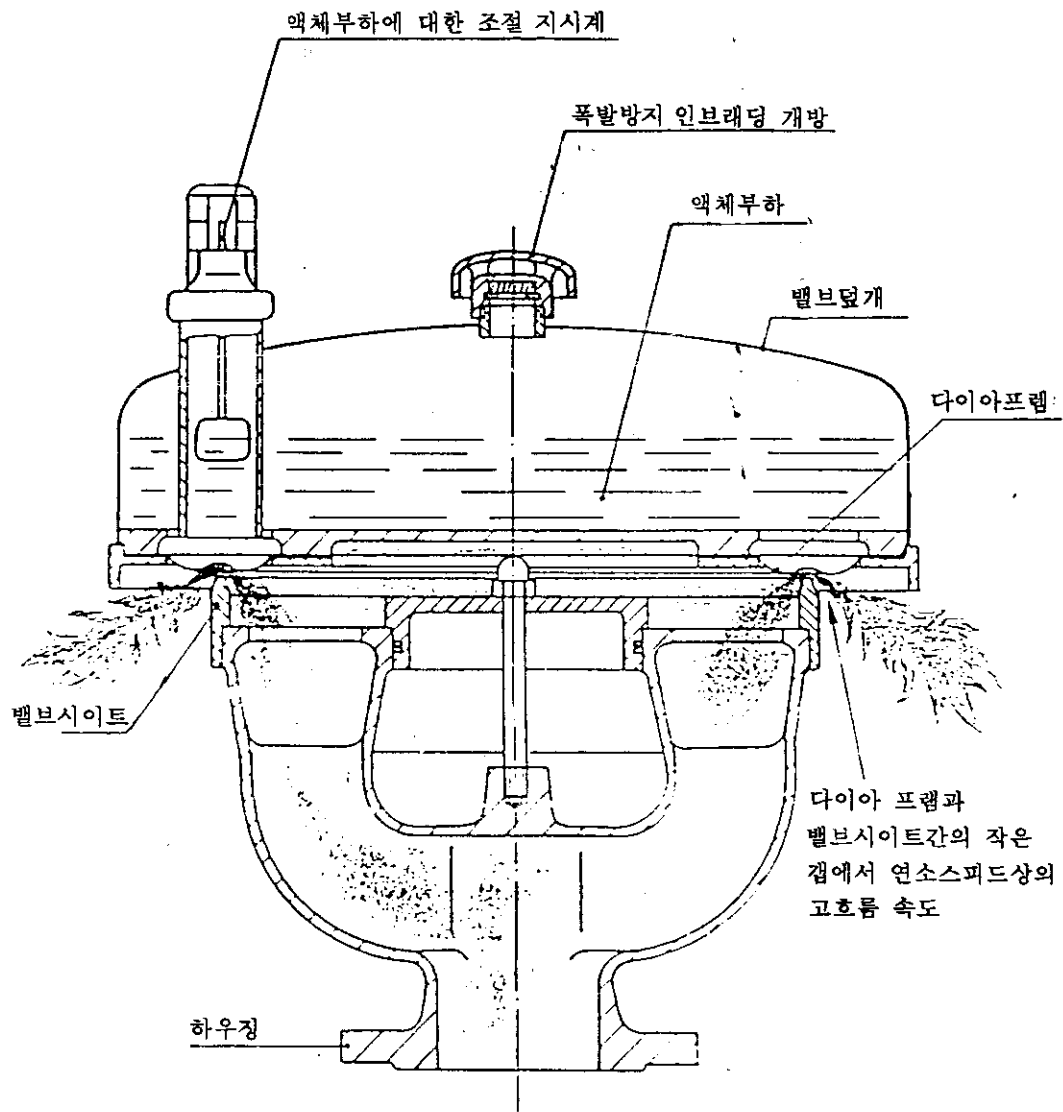


그림 31. 장시간 연소방지, 액체장전압력 릴리이프 격막밸프 작동상의 원리: 동적인 화염트랩

갭은 더 작게 되고, 이것에 의해 격막탄성은 증가하므로 격막은 밸브시이트에 더 적합하며, 흐름속도와 역화에 대한 안전은 증가한다.

다른 한편으로 격막은 연소가 우연하지 않으므로 기능작용 손상에 따라서는 액체 장전에 의해 냉각되어진다.

3.6 습식 화염방지기

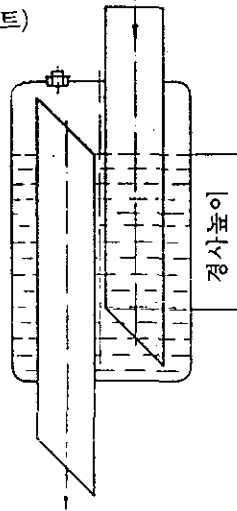
〈습식 화염트랩〉

습식 화염트랩은 화염을 냉각시키는 방법에 따른 이른바 담그기 장치이다.

다른 한편으로 적당한 흐름매체는 담그는 액체로서 사용되며, 안전장치에 대한 화염트랩에서 액체라인(채움선)에 사용된다. 이 경우에 담금액체에서 남게 된 흐름매

폭굉방지장치, 충전라인에 대한 액체형(경사포트)

경사액체 = 흐름매체 (즉 연료)



가스라인에 대한 경사장치

경사액체 즉 물

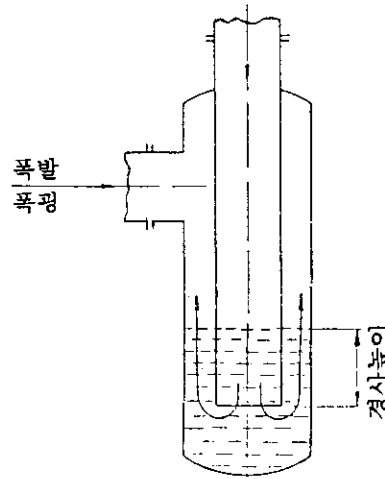


그림 32. “습식” 화염트랩

체(연료)는 남은 증기/공기 혼합물의 화염전파에 대해서 화염냉각 장벽으로서 사용되고 만일에 대비하여 라인온 액체를 채우지 않는다.

물 혹은 글리콜 혼합물과 같은 특별한 담금액체로 가스 라인 담금장치에 대해서는 기체 끓어오름을 시키는 동안 필수적이다. 폭발, 폭굉의 화염나 장시간 연소상태시 담금의 경우에서 화염은 방출 증기/공기 혼합물까지도 담금액체법에 의해 냉각되었다. 이러한 장치 역시 일반적으로 당국의 승인된 PTB에 의해 공인되고 보증된 것만 설치할 수 있다. 그림 32는 습식 화염트랩을 나타내었다.

4. 화염방지기의 사용에 대한 예

지상저장탱크 방호를 예로 들어 화염방지기의 올바른 적용에 관하여 설명하면 현재 일반적인 요구에 따른 지상저장탱크의 배출 쪽으로는 가능한 운전 조건에 의존하여 다음과 같은 배출시스템이 대비된다.

1. 프리벤팅 (free venting)
2. 압력/진공밸브인 출입브래딩
3. 여러 탱크간의 각각의 압력보정의 부가적인 가스 치환 시스템으로서 압력/진공 릴리이프 밸브인 출입브래딩
4. 배기가스 방출로 인한 아우트브래딩과 같은 인브래딩
5. 블랭킷팅인 아우트브래딩
6. 대기 비상상태 배기 - 차단 시스템인 배기가스 아우트브래딩과 블랭킷팅 조합

4.1 프리벤팅 (free venting)

저장매체인 증발손실과 방사에 기인된 환경 부하가 중요하지 않다면 자유배기를 사용할 수 있다. 화염방호 배기캡은 탱크상에 설치되고 이것은 독일안전 - 기술요구에 따른 방폭과 장시간 연소방지를 가지며 탱크에 영구적으로 장착된 이들 장치는

주위 대기로 연결된다(그림 33 참조).

4.2 압력/진공 릴리이프 밸브로의 출입브래딩

일정압력과 진공을 유지하는 출입브래딩 각각은 저비점온도인 액체에 대하여 요구되며, 증발손실은 고려되어야 할 중요사항이다. 이 공정 동안 증발손실과 환경-방사시는 더 감소되며, 특별하게 압력에 대해 보다 높은 허용 가능한 조작압력이 결정된다. 분리나 결합에 압력/진공 릴리이프 밸브가 사용되며 이미 설명한 바와 같이 방폭과 장시간 연소방지를 갖는다.

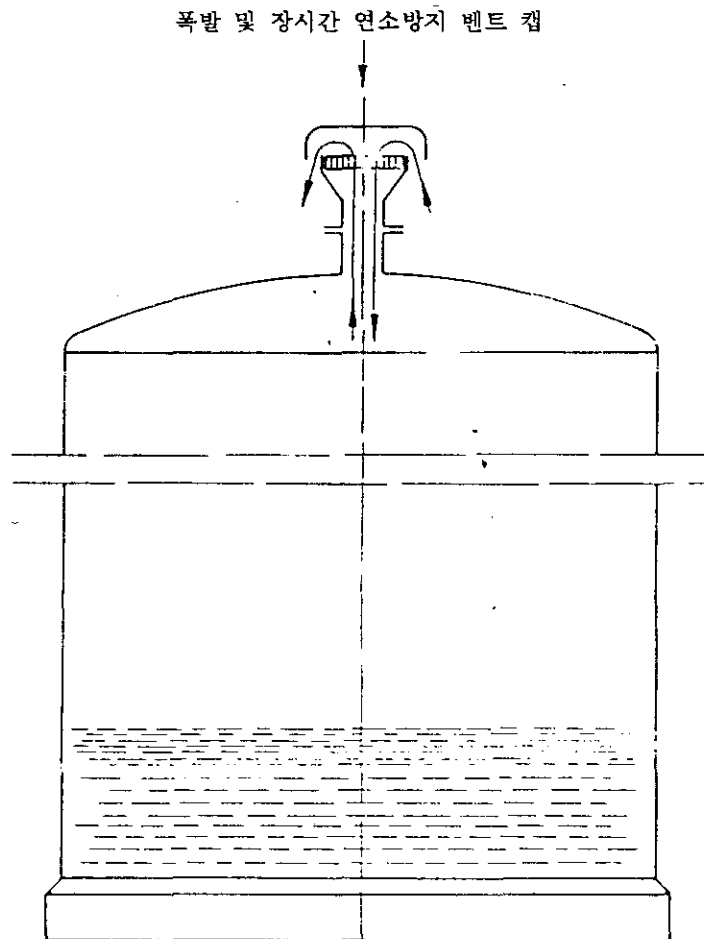


그림 33. 감압된 대기중의 탱크 벤팅

이 장치는 방폭과 장시간 연소방지 배기캡 같은 동일 안전-기술 요구에 적합하다. 그러나 여기서 화염방지 요소의 압력/진공 릴리이프 밸브(보존밸브)를 설치한 후 탱크 내부 압력 유지가 가능하기 때문이다. 정상 조건하의 탱크는 밸브 조절판(pallet)의 설정에 의해 닫히고 밸브는 조절된 설정 압력에 도달될 때 열리기 시작한다. 그림 34는 압력과 진공을 각각 유지하는 대기중의 탱크 통풍을 나타내었다.

4.3 여러 탱크간의 각각 압력보정에 부가적인 가스치환으로 인한 압력/진공릴리이프 밸브로의 출입브래딩

압력/진공 릴리이프 밸브로서 출입브래딩의 진보된 발전은 각각의 가스 치환라인에 부가적인 압력보정 설비이다. 여러 탱크는 가능한 특별한 탱크간의 일정한 압력 보정으로 가스왕복 파이프 라인에 의해 연결되어지며 대기중의 배기밸브는 흔치 않게 경감한다. 탱크에 연결된 출입브래딩에 의해 충전과 비움동안 대기상의 증발은 완전하게 피할 수 있다.

가스치환 라인의 설치 동안 안전-기술 양상에 관해서 그것은 파이프 라인에 그것의 연결로 방호된 각 단일 탱크를 고려해야 한다. 충분한 방호는 폭굉방지 화염방지기에 의해 대비되어진다. 왜냐하면 폭굉의 발전은 이미 설명한 것과 같이 파이프 라인으로의 가스 점화시 예측되어진다. 이 요구는 한 탱크에서 우연히 일어날 수 있는 어떤 경우에 가스치환 라인 방법에 의해 연결된 탱크에서 화염을 방지하기 위해서는 불가결하다.

이 안전 - 기술 요구는 폭굉방지 화염방지기 없이 가스치환 시스템 점점에 연결된 탱크에 우연히 일어난 사고로 인하여 독일에서는 수년전에 발전되었다.

재해의 예를 보면 하부 밸브의 누설로 인해 탱크에서 일어난 연소는 촉쇄반응을 유도하였다. 점화원으로서 연소된 탱크로부터 다른 탱크로 가스치환 라인을 통하여 화염되었으며 하나 폭발 후 다른 것도 폭발되었다.

폭발 및 장시간 연소방지 압력과 진공 릴리이프 밸브

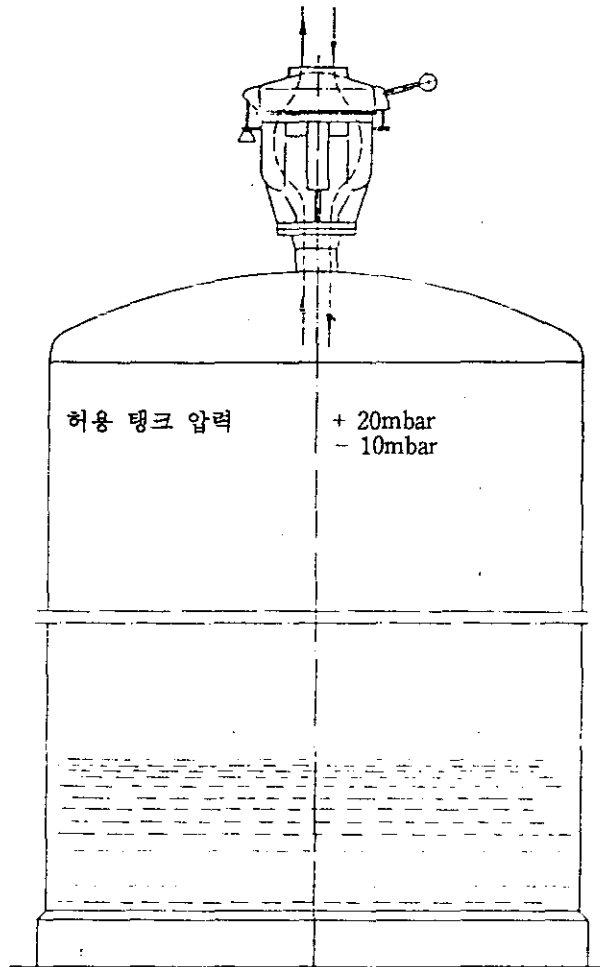


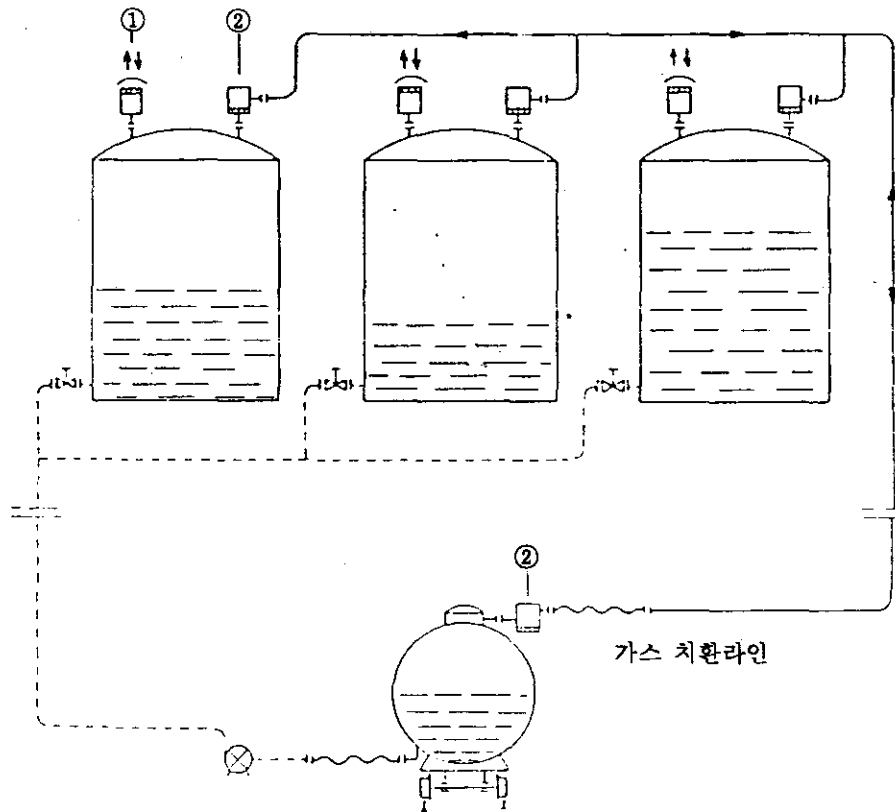
그림 34. 압력과 진공을 각각 유지하는 대기중의 탱크 벤팅

그들 위험은 가스 치환 라인 연결에서 각 탱크를 차단하는 폭발방지 화염방지기의 사용으로 피할 수 있다. 각 탱크 - 방폭과 장시간 연소방지 - 에서 압력/진공 릴리이프 밸브는 출입브래딩에 대해 사용되며, 가스치환 라인법에 의한 압력보정이 충분하지 못하면 각각 불가능하다. 그림 35는 압력, 진공유지와 부가적인 가스 치환으로서 대기중의 탱크배기를 나타내었다.

4.4 배기가스 방출로서 출입브래딩

배기가스 방출로서 청정공기 탱크의 출입브래딩에 관한 요구가 증가되어 그 중요성이 점점 더 커지게 되었다. 이 시스템은 밸브가 대기중에서 인브래딩으로서의 작업임에 반하여 가스는 아우트브래딩에 대한 배기가스 라인법으로 조작되어 진다. 이 탱크의 출입브래딩 시스템의 조작과 안전기술에 관해서는 다음 관점이 고려되어야 한다.

배기가스 시스템의 실패나 조작 중단을 가져올 가능성에 대한 이유는 인브래딩에 대한 배기밸브 조작 뿐만 아니라 결합된 압력/진공밸브, 대기중의 위험배출에 대



- ① 결합된 압력과 진공 릴리프 밸브-폭발 및 장시간 연소방지
- ② 폭굉방지 화염방지기

그림 35. 각각의 압력, 진공 유지와 부가적인 가스치환으로서 대기중의 탱크 벤팅

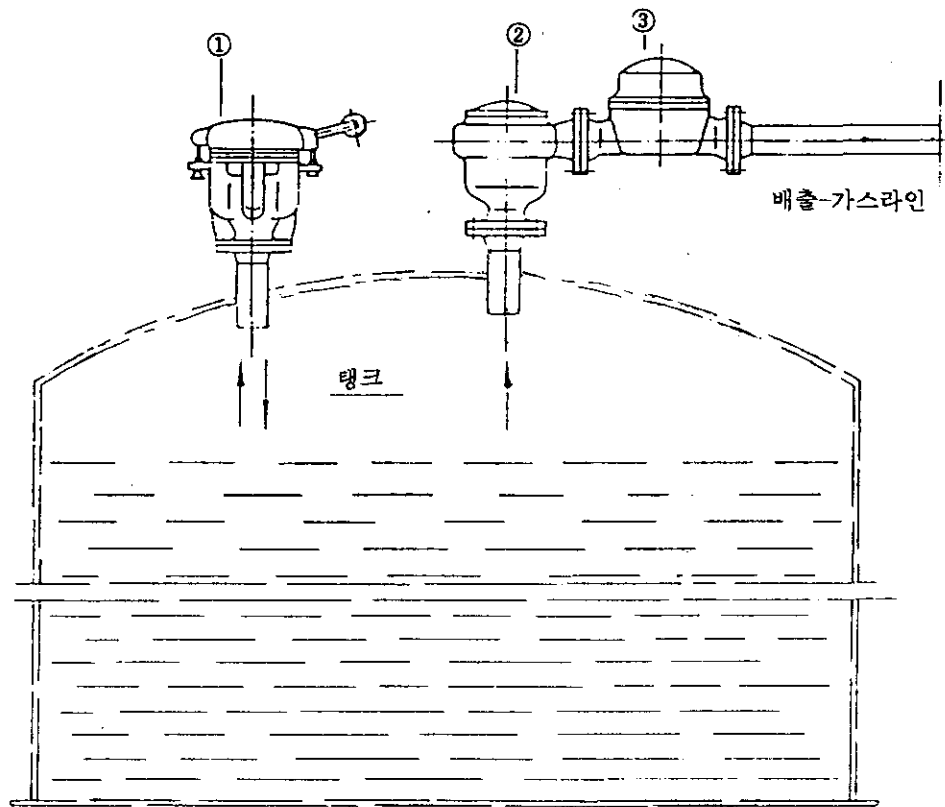


그림 36. 배기가스 시스템에서 대기중의 방출

- ① 대기중의 위험방출과 마찬가지로 작동중의 대기방출에 대한 방폭 및 장시간 연소방지 압력과 진공 릴리프 밸브
- ② 배기 - 가스 플랜트에 대한 탱크 방호로서 폭굉방지 화염방지기
- ③ 배기 - 가스방출의 조정에 대한 일류밸브

하여 사용될 수 있는 것은 압력 측면에서 사용도 필수적이다.

압력측면은 정상조작 동안 경감시키지 못하는 것을 다소 조절함으로써 배기가스를 배기 시스템으로 수행될 수 있다. 배기가스 시스템에서 실패할 경우에 탱크에서 압력은 압력/진공 밸브의 압력측면의 설정치까지 도달되어 증가하므로 가스는 위험시에 분출시킬 수 있다. 압력/진공 릴리프 밸브는 폭발방지와 장시간 연소방지로 설

제되어야 한다. 그림 36은 배기가스 시스템에서 대기중으로의 방출을 나타낸 것이다.

탱크에서 배기가스 라인의 연결은 폭발방지 화염방지기에 의해 방지되어야 하며, 배기가스 조정에 대한 일류밸브는 폭발방지 화염방지기의 앞에 설치하거나 화염방지의 뒤에 설치하여야 한다. 배기가스 시스템에서 압력강하에 기인되는 것과 이른바 파이롯트라는 배기가스 조절밸브로서 작동되는 밸브의 사용이 바람직하다.

4.5 블랭킷팅(Blanketing)을 위한 아우트브레딩(Outbreathing)

각각의 안전 - 기술적인 이유로 조작에 대한 것을 필요로 할 수 있으며, 특히 화학공업 분야에서 탱크의 인브레딩(inbreathing)을 공기 방법에 의해서만 아니라 이른바 정제가스 혹은 불활성 가스법에 필요로 한다. 이것에 의해 탱크 인브레딩은 정상 조작 동안 블랭킷팅에 의한다. 이 시스템은 흔히 펌핑속도만에 대해 설계되며 부가적으로 요구된 최대가능 열적 블랭킷팅에 대해서는 아니다.

시스템이 실패할 수 있는 것에 대해서는 각각 조작적인 이유로 중지할 수 있다. 그것은 압력/진공 릴리이프 밸브 사용을 필요로 하며 역시 정상적인 아우트브레딩과 위험한 인브레딩에 대하여 사용된다. 그런데 진공설정은 정상 블랭킷팅 압력보다 높게 조절하며, 공기는 탱크에서만 흐를 것이다.

블랭킷팅 이 실패한다면 충분하지 못한 것이다. 그림 37은 불활성 가스의 인브레딩으로서 대기중의 아우트브레딩을 나타낸 것이다.

가연성 블랭킷팅 가스(정제가스)가 사용될 때 그것은 명백히 화염방지장치를 사용해야 할 것이다. 불활성가스에 의한 탱크 인브레딩에 대해서 안전 - 기술 문제는 화염방지장치가 필요한지 않은지를 알아야 한다. 왜냐하면 탱크내면의 위험폭발성 압력은 일반적으로 불활성가스로 인하여 가능하지 않기 때문이다. DIN standard에 따르면 그것은 화염 방지기의 사용에 대한 포기만을 가능케 한다. 그것이 보증된

다면 불활성가스 물질의 만족한 승인에 의한 탱크 내부의 위험폭발성 압력의 발달은 없을 것이다. 이것은 가능한 한 펌핑속도를 고려함에 따른 불활성가스 흐름용량 뿐만 아니라 가능한 한 열적 영향(탱크에서 가스체적의냉각) 역시 조작에 따름을 의미한다.

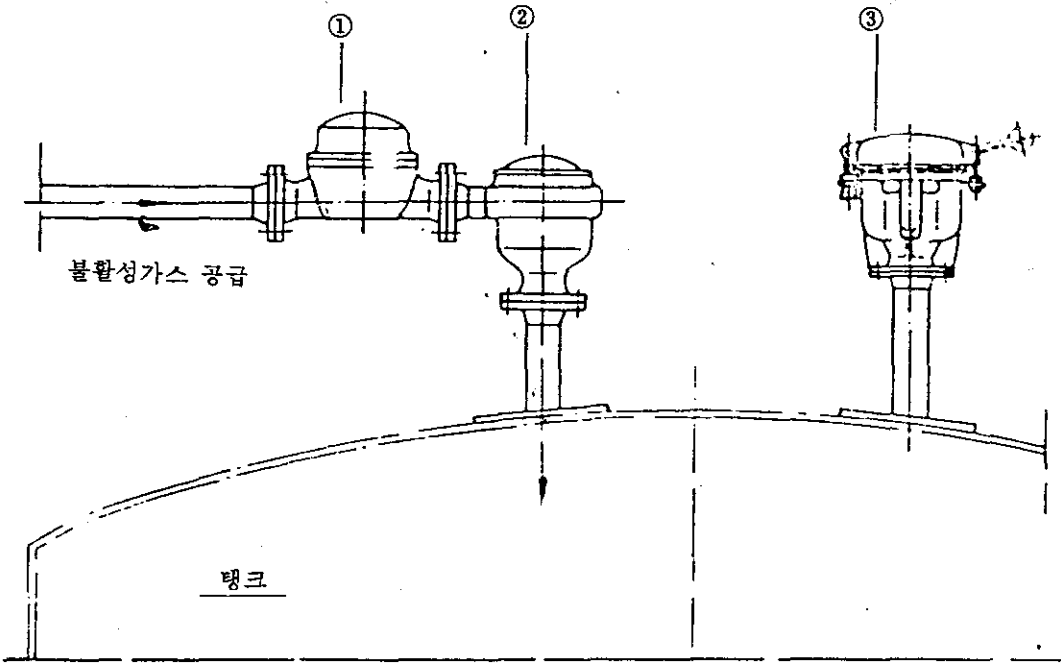


그림 37. 불활성가스 인브래딩으로서 대기로의 아우트브래딩

- ① 불활성가스 조정밸브
- ② 불활성가스 시스템에서 탱크 방호에 대한 폭굉방지 역화방지기
- ③ 결합된 압력밸브와 진공밸브
- 대기중의 위험배기와 같이 작동중의 아우트브래딩에 대한 방폭 및 장시간 연소방지

4.6 비상배기와 같은 배기가스 방출, 블랭킷팅을 위한 탱크 출입브래딩

배기가스 방출과 블랭킷팅으로 설명한 시스템결합이 가능하다. 그것은 이른바 정상적인 조작조건 즉 대기중의 인브래딩도 아니고 대기중의 아우트브래딩도 아닌 것에 대한 “차단배기 시스템”이다. 그러나 역시 이 경우에서 부가적인 안전밸브는 비상배기에 대하여 사용되어야 한다.

다른 한편으로 탱크는 블랭킷팅라인과 배기가스 방출라인에 연결된 중압에 설치된 폭굉방지 화염방지기법으로 방호된다. 가스는 배기가스 연소 플랜트에서 수행되며, 인브래딩은 블랭킷팅조정밸브에 의한다.

더욱이 탱크는 밸브가 정상 조작조건 동안에는 개방되지 않는 압력설정으로 방호되어야 하는 비상배기에 대한 폭발방지와 장시간 연소방지 압력/진공 안전 릴리이프 밸브로 장치되었다. 개방 설정압력은 각각의 배기가스 조정밸브로 블랭킷팅의 개방 설정압력보다 높다. 그림 38은 비상사태 배기와 마찬가지로 불활성가스 인브래딩 배기가스 방출로서의 탱크 배기 시스템을 나타내었다.

5. DIN과 API STANDARD에 따른 브래딩장치와 화염방지기의 기본적인 계산법

배기설비의 단열설계가 없는 지상 저장탱크에 대해서는 최대허용 가능한 조작압력 (압력과 진공) 하에 고려하며, 저장 탱크의 가열과 냉각에 기인되는 흐름속도와 마찬가지로 충전과 비움에 대한 최대가능 펌핑속도에 따른다.

요구된 흐름용량과 최대허용 가능한 압력차는 대비된 장치의 크기로 결정될 것이다. 이 기본 요구는 동일 DIN과 API에 따른다.

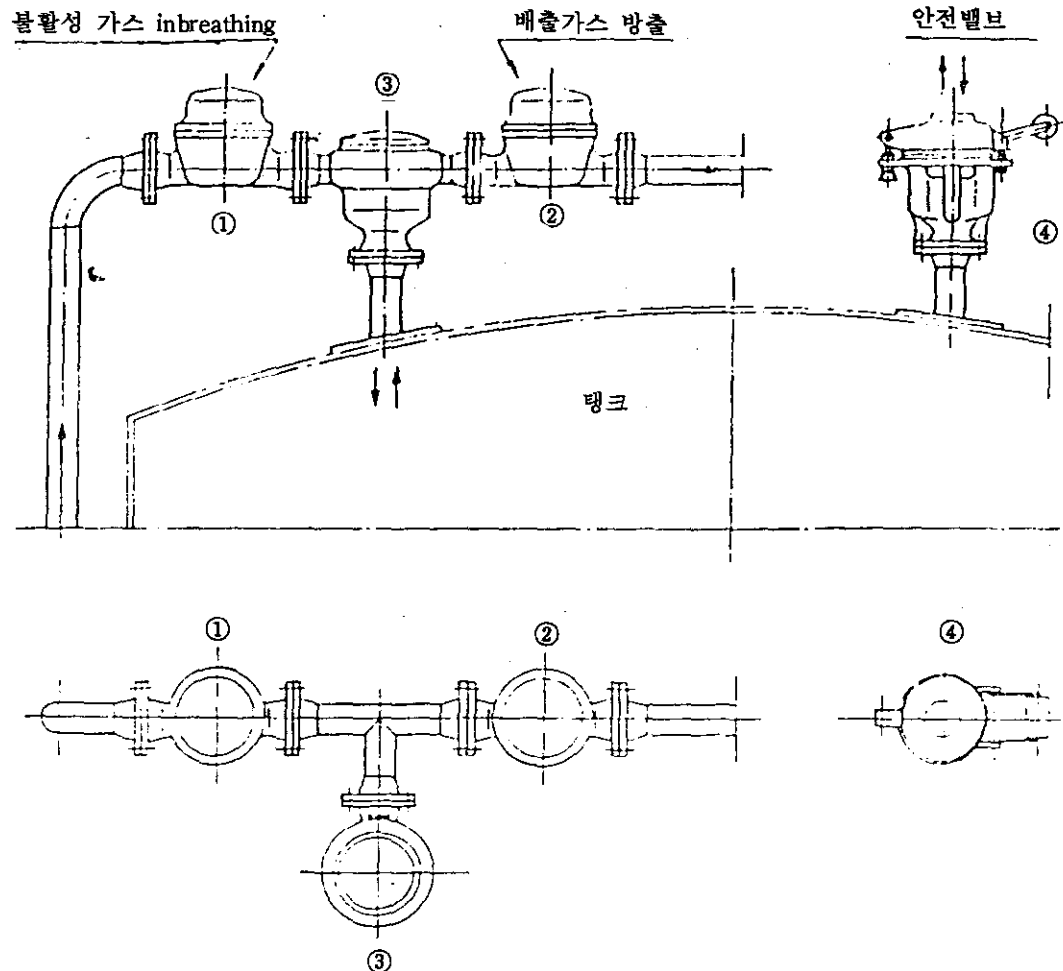


그림 38. 비상사태 배기와 같이 불활성가스 inbreathing 배기가스방출로서의
탱크 배기 시스템

- ① 불활성가스 조정밸브
 - ② 배기가스 조정밸브
 - ③ 연결된 시스템에 대하여 탱크방호를 위한 폭굉방지 화염방지기
 - ④ 결합된 압력과 진공 릴리이프 밸브
- 대기중의 비상사태 배기에 대한 방폭 및 장시간 연소방지 -

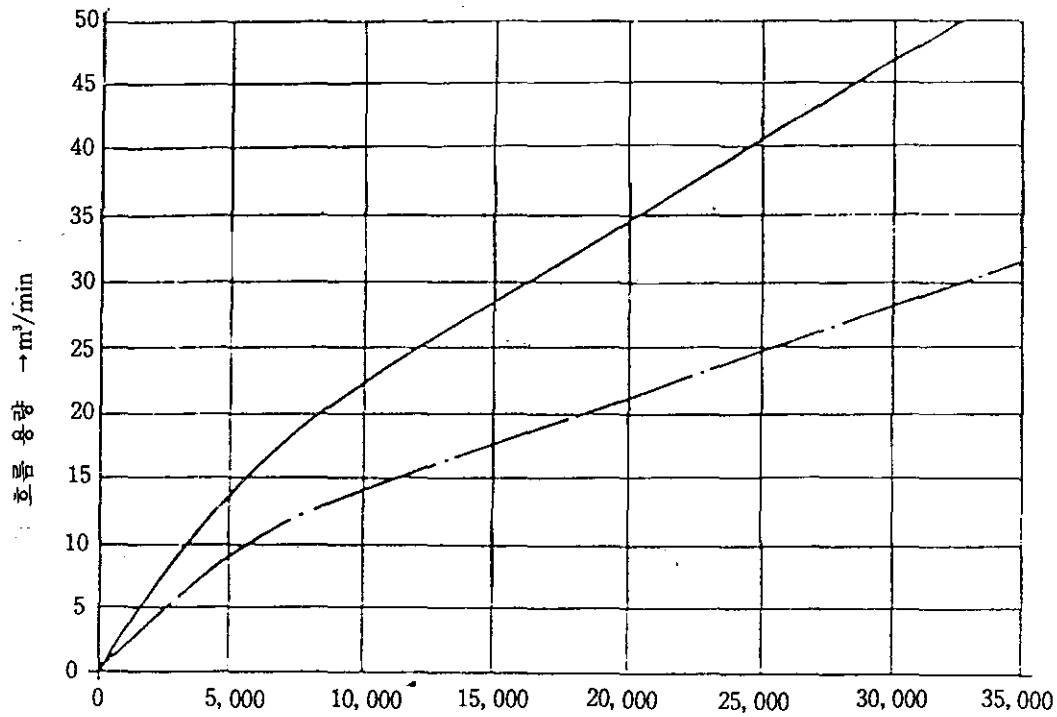
5.1 열흐름 용량

열적인 영향 즉 저장탱크의 가열이나 냉각시킬 경우에 기인되는 흐름속도의 계산에서 중요한 차이점이 있다. API standard 2000에 따르면 열적인 영향에 기인되는 흐름속도는 단지 탱크체적에 의존하지만 탱크직경과 탱크높이에 의존하지는 않는다. 그러나 그것은 큰 직경과 작은 높이 혹은 반대로 작은 직경과 큰 높이로 만들어질 수 있는 같은 내용으로서 탱크는 고려되어야 한다.

뜨거운 여름날과 햇빛에 탱크 지붕 천정은 거의 항상 수직적인 태양 방사에 노출된다. 이에 반하여 생긴 그림자로 인해 단지 탱크용기는 일부만 햇빛에 노출되어질 것이다. 그것은 다른 열적 영향을 유도하는 동일 체적에서 다른 탱크 차원들(직경과 높이)이 명백한 것 같다. 큰 직경으로서 동일 내용인 탱크는 보다 강하게 가열되어짐으로써 그것들은 역시 큰 높이로서 그들 탱크보다 더 강하게 냉각된다.

각각 API와 DIN 규칙과 규정에 따른 열적 영향에 기인되는 흐름속도는 그림 39와 그림 40에 나타내었다.

열적인 영향(가열시킴과 냉각시킴)에 기인되는 흐름속도의 계산에 대해서 DIN에 따라 고정된 식은 직경과 높이의 영향 특히 가열(그림 40)에 관해서는 아주 명백하게 나타내었다. 더욱이 그것은 증기/공기 혼합물로 채워진 탱크에서 DIN형식의 유도로서 증명되었다. 즉 액체 - 비움 탱크는 가장 위험하다. 그것이 잔여생성물질의 증기/공기혼합물이라면 부가된 열용량의 일부는 증발에 대해 요구되고, 냉각공정에서 열은 응축으로 인하여 냉각시키는 동안 천천히 방출된다. 그러므로 DIN형식은 저장된 생성물에 의존하지 않으나 API는 100°F 이내에서 각각의 플래쉬 포인트로서 생성물 간의 차이를 두고 있다. 특히 진공 릴리이프 밸프, API를 따른 차원에서는 DIN을 다른 것보다 더 작은 크기와 보다 적은 양을 고려하여 유도하였다.



→ 탱크내용물 m³

플래쉬 점 $\geq 100^{\circ}\text{F}$ (연료 기름 등) -----

플래쉬 점 $\leq 100^{\circ}\text{F}$ (연료 등) _____

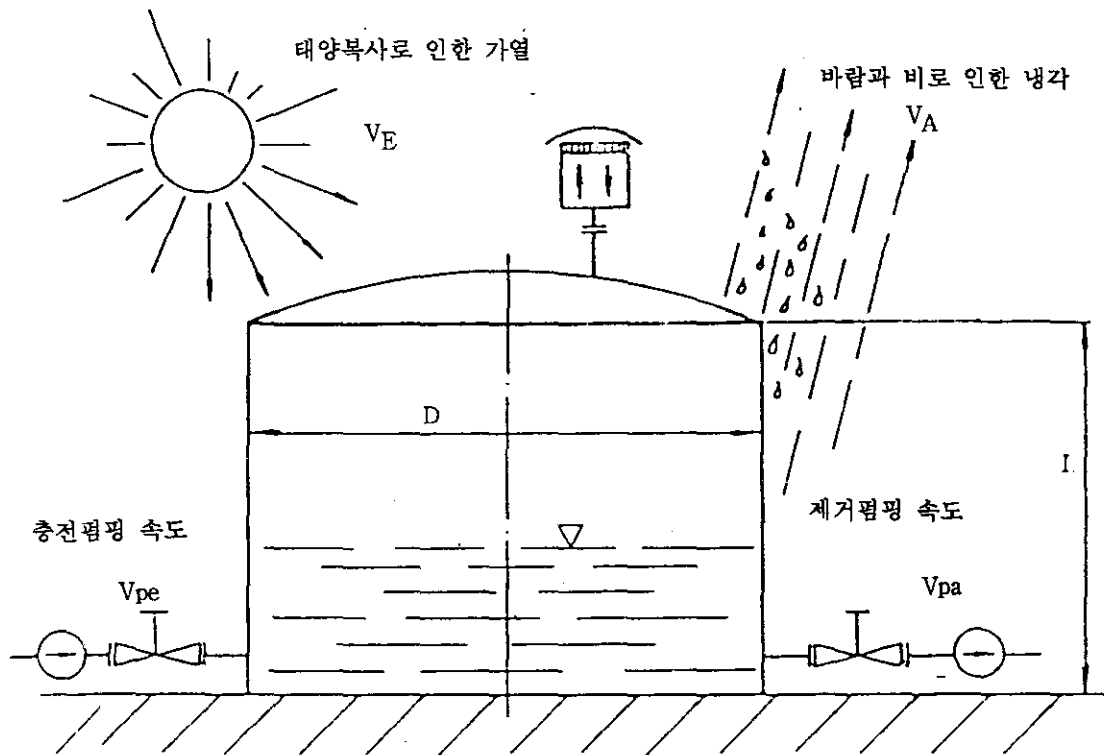
DIN과 API간의 열흐름 용량의 비교

압 력 가 열 → DIN $\cong$ API

진 공 냉 각 → DIN $\cong 3.0 \times$ API

요구된 용량의 평균값

그림 39. API를 따른 열적흐름용량



최대 아우트브래딩 용량

$$V_e = V_e + V_{pe} \quad \text{m}^3/\text{h}$$

열흐름 용량(가열)

$$V_E = 0.17 (H/D)^{-0.52} \cdot V_B^{0.89} \quad \text{m}^3/\text{h}$$

최대 인브래딩 용량

$$V_a = V_A + V_{pa} \quad \text{m}^3/\text{h}$$

열흐름 용량(냉각)

$$V_A = 4.8 \cdot V_B^{0.71} \quad \text{m}^3/\text{h}$$

D = 탱크직경 (m)

H/D = 가로세로비

H = 탱크 높이 (m)

V_B = 탱크 체적 (m^3)

V_p = 펌핑 속도 (m^3/h)

그림 40. 비단열 지상탱크에 대한 DIN을 따른 열적흐름용량

API에 따르는 차원일 때 유럽에서 손상이 발생되어 API - standard에 의한 계산금지를 유도하였다. 그것은 API에 의한 것으로서 계산된 냉각속도와 위험 차원상으로 유도되는 진공 릴리이프 밸브의 차원에 사용된 것에 대한 증명으로서 고려되어질 수 있다. 그림 41은 탱크의 태양열 가열에 기인되는 체적흐름과 그림 42는 탱크의 냉각에 기인되는 체적흐름을 각각 나타내었다.

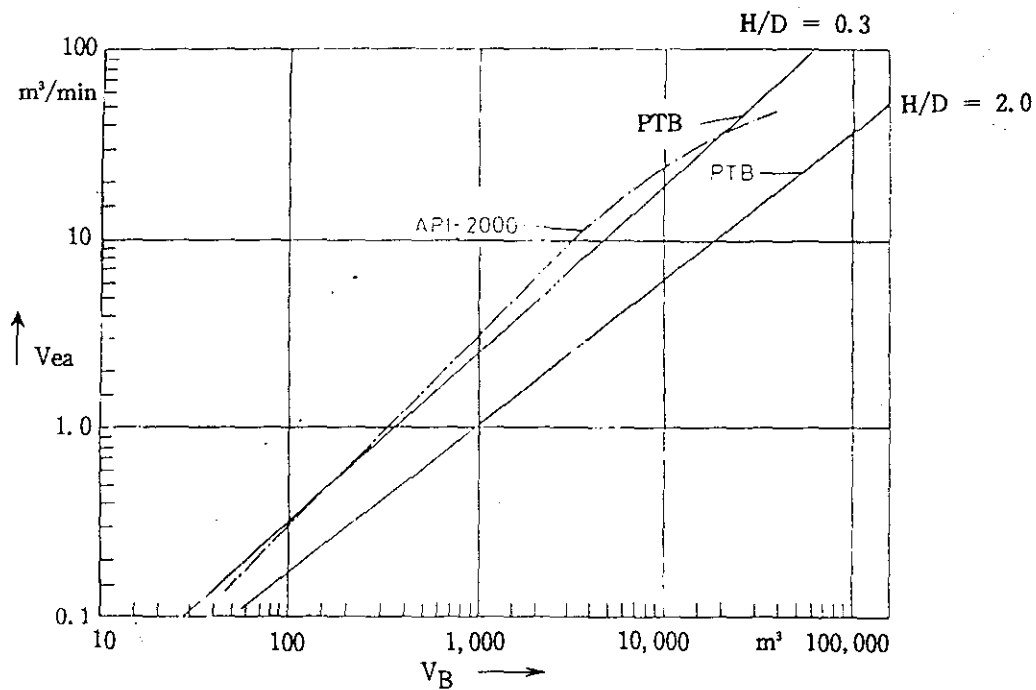
선도(그림 41)는 DIN과 API에 따른 태양열 가열로 인한 서로 다른 흐름용량을 볼 수 있다. 낮은 양상의 비율인 탱크에 대해 특히 큰 직경은 DIN과 API간에 유도된 높이로 비교하였다. 그 편차계산과 배기장치의 작용에 대해서는 특별한 의미를 갖지 않지만 일반적으로 결합된 배기장치의 차원은 각각의 진공 인브레딩면에 따라야 하기 때문이다. 열적영향으로 인해 요구되는 흐름용량의 냉각에 대해서는 가열에 대한 것보다 더 크다. 더욱이 저장탱크는 압력보다도 낮은 진공에 잘 견딜 수 있는 것을 고려해야 한다.

그림 42에서의 선도는 각각 내파손을 유발, 유도할 수 있는 밸브차원상에서 초래된 DIN과 API 2000간의 큰 편차에 대한 냉각 관계를 나타낸 것으로서 하나의 지상저장 탱크에 대한 브레딩 장치의 차원에 관계된 DIN과 API 규칙과 규정간의 중요한 차이점이다. API규칙은 진공릴리이프 밸브의 상위차원을 유도하였다. 따라서 API차원은 현재 유럽에서 더 이상 허용되지 않는다.

그러나 독일, 스위스, 네덜란드와 일부 프랑스의 연방공화국에서는 다르다.

5.2 압력차

화염방지기의 적용에 대한 제조업자의 플로우 스위트에 따른 압력차는 비용과 매체밀도에서 고려되어야 한다. 장치의 규정된 압력강하는 개방시작 최대흐름용량(대부분 완전 개방)에서 압력간의 각각 차이점은 특별한 흐름용량에서 압력차이다. 화염방지기의 최소압력강하와 화염방지요소(필터 디스크)의 교체입자 크기에 의한 작은



용기와 가로세로비에 적용된 PTB 곡선 $H/D = 0.3$ and 2.0

그림 41. 탱크의 태양열 가열로 인한 체적흐름

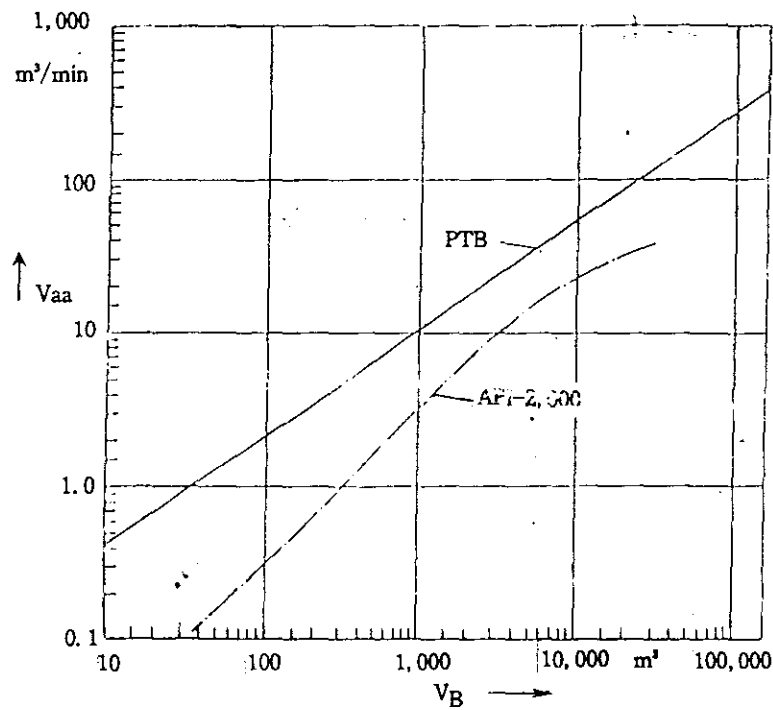


그림 42. 탱크의 냉각으로 인한 체적흐름

갭의 방호 마개를 위해서는 상응하는 접속크기의 약 130%이다.

6. 결 론

조작조건에 따라 나타낸 방호 예로부터 화염방지기 시스템에 관계된 안전-기술과 조작적인 측면의 요구에 적합한 가는 확인될 수 있다. 문제가 되고 있는 특별한 경우의 방호는 특수한 장치의 사용요구가 증가되고 있는 추세이다. 위험한 폭발성 플랜트가 배기가스 연소플랜트에 연결된다면 대기중으로 배기가스가 방출되므로 환경 보호의 측면으로서 더 이상 허용되지 않는다.

서로 다른 연소공정(폭발, 폭굉 및 장시간 연소상태)의 막대한 영향, 서로 다른 물질의 조성(MESG로 고려)과 특별한 경험이 관계된 상세한 설계가 요구되며, 각 장치는(표준형) 각각의 모든 조작에서 정확한 해석을 하기 위해서는 연구와 발전이 뒤따라야 한다. 또한 모든 화염방지는 우선하여 가능한 한 압력강하를 유지하고, 보다 용이한 보수유지와 내구력에 대비해야 할 것으로 사료된다.

연구결과보고서 (화학 90 - 081 - 5)

발행일 : 1990. 12.

발행인 : 원 장 金 元 甲

작성자 : 연구원 朴 根 浩

발행처 : 한국산업안전공단
산업안전보건연구원

인천직할시 북구 구산동 34 - 4

TEL. (032) 526 - 6484

인쇄 : (주) 문원사 (739 - 3911 ~ 5) <비매품>